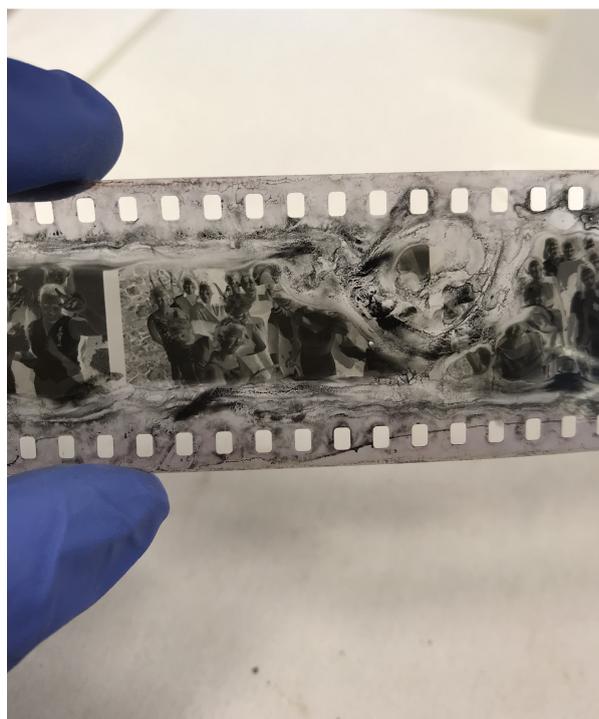


Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Atti del Convegno

# Memoria Fotografica

## Storia di un recupero collettivo



A cura di

Marcello Picollo

Barbara Cattaneo

Daniela Vianelli



9 788894 168969

  
Book Series



Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Atti del Convegno

Memoria Fotografica  
Storia di un recupero collettivo



Workshop tecnico-scientifico  
*Contributi per la definizione di una metodologia di recupero di materiale fotografico*  
Biblioteca Labronica Bottini dell'Olio  
Livorno, 11 maggio 2019.

Copyright© 2020 Italian National Council (CNR), Rome, Italy.  
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Roma, Italia.

The published material is protected by Copyright© and is, therefore, the property of the authors, as well as of IFAC-CNR, which is the publisher. Consequently, it can be reproduced only partially (with credit being given to the source) and exclusively for educational purposes. It may not be marketed either on paper or electronically, whether using optical media or through Internet access.

Il materiale pubblicato è tutelato da Copyright© ed è quindi proprietà degli autori, oltre che dell'IFAC-CNR che ne è editore. Pertanto, può essere riprodotto solo parzialmente (citando la fonte) ed esclusivamente per scopi didattici; non può esserne fatto commercio né in forma cartacea né in forma elettronica, sia essa su supporto ottico o tramite accesso in internet.

Printed in Florence  
CNR Publisher  
IFAC - Book Series  
Series Editor: Daniela Mugnai

Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Atti del Convegno

Memoria Fotografica  
Storia di un recupero collettivo



## Indice

Prefazione	VII
Presentazione progetto Memoria Fotografica a cura di Itinera - IFAC-CNR	IX
Barbara Cattaneo, <i>Opificio delle Pietre Dure e IFAC CNR</i> “La risposta alle emergenze: dall’excursus storico sul salvataggio di materiale fotografico alluvionato agli spunti metodologici per il progetto Memoria Fotografica”	1
Giulia Fraticelli, <i>Restauratrice privata di beni cartacei e fotografici, Firenze</i> Laura Messina, <i>Archivista Livorno</i> “I danni dell’acqua su un archivio fotografico contemporaneo: lo stato di conservazione dell’archivio Dainelli”	9
Giulia Fraticelli, <i>Restauratrice privata di beni cartacei e fotografici</i> “Interventi di restauro post emergenza su materiale fotografico alluvionato: il caso studio Dainelli”	21
Andrea Cagnini, Giancarlo Lanterna, Isetta Tosini, <i>Opificio delle Pietre Dure Laboratorio Scientifico</i> “Le indagini del Laboratorio Scientifico dell’Opificio delle Pietre Dure”	35
M. Picollo, A. Casini, F. Cherubini, C. Cucci, F. Grazzi, L. Stefani, <i>Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IFAC-CNR), Sesto Fiorentino (FI), Italy</i> “Potenzialità e problematiche dell’uso di tecniche di spettroscopia d’immagine per lo studio di pellicole fotografiche”	43
Giorgio Trumpy, <i>Università di Zurigo</i> “Il contributo di indagini spettroscopiche e tecnologie digitali per il recupero di immagini fotografiche su pellicola”	47



## Prefazione

La Regione Toscana ha accolto positivamente e sostenuto il progetto “Memoria fotografica” che si è focalizzato sul materiale fotografico dell’archivio Dainelli, danneggiato a seguito dell’alluvione che si è abbattuta in una notte di alcuni anni fa sulla città di Livorno e che ha lasciato morte e distruzione in pochissime ore.

Questo progetto di ricerca ha anche avuto una valenza più ampia rispetto al mero, e comunque importante, recupero del patrimonio fotografico danneggiato. Ha rappresentato, infatti, l’occasione di avviare un percorso pilota sulle metodologie di restauro dei materiali fotografici contemporanei portando alla definizione di un protocollo di restauro e conservazione, risultato importante nel campo della ricerca nei beni culturali in un settore che oggi è ancora poco esplorato, quello della fotografia contemporanea, ponendo la nostra regione su un piano internazionale in questo ambito ancora lacunoso.

Il progetto testimonia, infine, un rinnovato impegno istituzionale sulla fotografia, che rappresenta oggi uno 'strumento' privilegiato di interpretazione della realtà, accattivante nel linguaggio espressivo immediato e sintetico, che cattura lo spirito dei più giovani educati ai codici espressivi delle nuove tecnologie.

**REGIONE  
TOSCANA**



*Monica Barni*

*Vicepresidente Regione Toscana - Assessore Cultura Università e Ricerca*





---

## **Presentazione progetto Memoria Fotografica a cura di Itinera - IFAC-CNR**

Il presente volume contiene i contributi delle relazioni presentate nel Workshop tecnico-scientifico dal titolo “Contributi per la definizione di una metodologia di recupero di materiale fotografico” all’interno dell’evento “MEMORIA FOTOGRAFICA” svoltosi presso la Biblioteca Labronica Bottini dell’Olio di Livorno sabato 11 maggio 2019.

Il progetto “Memoria fotografica”, cui la Regione Toscana ha partecipato sia come partner sia come cofinanziatore, si è posto come obiettivo primario la definizione di una metodologia per il recupero, la stabilizzazione e il restauro del materiale fotografico contemporaneo danneggiato da evento naturale, nel caso specifico da alluvione. Per questo studio è stato individuato l’archivio Dainelli, che è stato gravemente compromesso dall’alluvione che ha colpito il territorio di Livorno nel settembre 2017. Questo raccoglie un consistente corpus di opere, testimonianze e materiali documentativi appartenenti al fotografo contemporaneo, di fama internazionale, Daniele Dainelli. L’archivio - un pezzo di patrimonio rappresentativo della produzione artistica e culturale contemporanea - comprende classi diverse di materiale fotografico (negativi colore, diapositive colore, stampe a sviluppo cromogeno e inkjet). Nonostante il primo intervento di urgenza eseguito sul corpus dell’archivio nei giorni successivi all’inondazione, il materiale si trovava, e versa ancora oggi, in uno stato di conservazione molto critico che, in assenza di un intervento mirato, può comprometterne definitivamente la fruibilità. È stato quindi essenziale approntare un piano strutturato per il recupero e la restituzione della leggibilità di una selezionata parte del materiale per la sua conservazione a lungo termine, sia al fine di garantirne nuovamente la fruibilità sia per prevenirne l’avanzare di processi di degrado ormai innescati dall’esposizione alle condizioni estreme dell’alluvionamento.

Durante la progettazione e la messa a punto del programma di lavoro, sono dunque emersi automaticamente gli obiettivi che si presentano come paralleli a quello principale, ma non certo meno importanti, e precisamente:

1) La necessità di mettere a punto di un protocollo speciale di intervento, recupero e restauro su materiale fotografico prodotto in epoca recente (e quindi solitamente non ancora investigato dal punto di vista della conservazione e restauro) e venuto a contatto violentemente e massicciamente con agenti ambientali imprevisi quali acqua, fango e sostanze in esse contenute. La proposta di questo tipo di protocollo di restauro e conservazione è di fatto una novità, e si pone quindi come un ambizioso obiettivo di ricerca nel campo della conservazione di questo specifico tipo di beni culturali, ancora largamente inesplorato.

2) L’esigenza di utilizzare questa occasione come opportunità di testimonianza e condivisione di un percorso di risposta e reazione alla drammatica esperienza vissuta con l’alluvione del territorio livornese: evento estremo, incredibilmente recente, eppure capace, se non opportunamente affrontato, di cancellare contributi importanti della storia recente e del patrimonio del territorio. Da qui la decisione di condividere con un convegno pubblico, strutturato in due eventi, il percorso intrapreso: non solo con un pubblico specialistico potenzialmente interessato agli aspetti tecnici, scientifici o storico-artistici, ma anche con un pubblico più ampio, così da restituire a tutti quella parte di patrimonio tangibile e intangibile che questa attività riuscirà a recuperare.

Il lavoro di ricerca è stato coordinato dall’Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IFAC-CNR), con il supporto tecnico-scientifico dell’Opificio delle Pietre Dure (OPD) di Firenze, e della dott.ssa Simona Cicala, ora funzionario restauratore MIBACT presso la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Bari (SABAP-BA), che per prima ha creduto in questo studio definendo in linea di massima il progetto stesso.

La dott.ssa Barbara Cattaneo, restauratrice MIBACT presso l’OPD, oltre a supervisionare l’impostazione del lavoro di sperimentazione sulle metodologie di restauro dei materiali fotografici contemporanei alluvionati del fondo Daniele Dainelli, ha partecipato attivamente nella definizione del protocollo di intervento in qualità di membro del panel di esperti definito all’interno del progetto.

IFAC-CNR e OPD hanno formalizzato dei rapporti di collaborazione scientifica all'interno del progetto Memoria Fotografica. Per OPD è stato coinvolto, oltre alla dott.ssa Cattaneo del Settore restauro cartacei e membranacei per la parte di intervento sul materiale fotografico, il personale del Laboratorio Scientifico (dott.ssa Isetta Tosini, dott. Giancarlo Lanterna e dott. Andrea Cagnini), per quanto riguarda il supporto analitico alla messa a punto dell'intervento conservativo e di restauro del materiale fotografico studiato. In questo modo è stato possibile avere all'interno del gruppo di ricerca competenze in ambito biologico (dott.ssa Tosini) e chimico (dott. Lanterna e dott. Cagnini), come previsto dal progetto ed essenziali alla migliore riuscita dello stesso.

IFAC-CNR ha messo a disposizione il know-how del proprio personale di ricerca, oltre alle proprie infrastrutture, quali laboratori e strumentazione, svolgendo una serie di indagini diagnostiche e analitiche volte a supportare il lavoro conoscitivo, documentativo e di restauro del materiale fotografico studiato. Inoltre, è stata messa a punto una strumentazione di imaging iperspettrale nell'intervallo spettrale del visibile e vicino infrarosso (VNIR, 400-900 nm) per supportare la parte di intervento di restauro digitale del materiale selezionato, che sarà digitalizzato successivamente alla conclusione del progetto stesso, una volta che il restauro del materiale sarà completato.

A supporto della messa a punto della metodologia di intervento conservativo e di restauro, sia quello materico sia quello digitale, sono stati contattati gli istituti internazionali, quali l'Atelier de Restauration et de Conservation des Photographies (ARCP) e l'Institut national du patrimoine (INP) di Parigi (Francia), il City Archives of Cologne a Colonia (Germania) e il Department of Film Studies, University of Zurich (UZH, Svizzera).

Sono stati anche coinvolti il prof. Rodorico Giorgi, del Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Firenze, per la parte di restauro delle pellicole e la dott.ssa Emanuela Sesti, della Fratelli Alinari di Firenze. Nello specifico, Giorgi ha messo a disposizione del progetto un prodotto NANORESTORE GEL® PEGGY 6, messo a punto dal gruppo di ricerca in cui lavora, per ottimizzare l'operazione di distacco della carta glassine dai negativi e positivi alluvionati. Fratelli Alinari, tramite Emanuela Sesti, ha invece dato supporto all'intervento conservativo e di restauro del materiale selezionato, portato avanti nel corso del progetto, oltre a fornire un valido supporto nella definizione della migliore metodologia di digitalizzazione del materiale fotografico del fondo Dainelli.

L'attività di restauro del materiale è stata affidata a personale esterno altamente specializzato, dott.ssa Giulia Fraticelli, con esperienza nella conservazione e il restauro delle fotografie.

La fotografa Laura Messina ha contribuito al progetto separando il materiale fotografico per tipologie di conservazione e supportando la dott.ssa Giulia Fraticelli nella parte esplorativa del materiale e nella scelta dei campioni da studiare / restaurare, oltre a mantenere i contatti con il fotografo Dainelli.

Questo progetto ha dato la possibilità di creare un team di lavoro-ricerca specifico per studiare materiale fotografico contemporaneo, al fine di definire una metodologia per il recupero, la stabilizzazione e il restauro di materiale danneggiato da un evento naturale, nel caso dell'archivio Dainelli, l'alluvione del fiume Ardenza a Livorno, nel settembre 2017, come si evince dai contributi presenti in questo volume.

Infine, un ringraziamento particolare va al fotografo Daniele Dainelli per aver messo a disposizione parte del suo materiale e per aver creduto nel progetto sin dall'inizio.

*Memoria Fotografica: Storia di un recupero collettivo* è il titolo delle mostra e il convegno che hanno accompagnato il lavoro di ricerca e di approfondimento sopra descritto.

Abbiamo tentato di raccontare una storia unica e stimolare una riflessione. Una riflessione che se da una parte prende in esame gli strumenti e le azioni utili per non disperdere il valore documentario e artistico di un archivio, dall'altro non può che partire dal termine passione. La passione che è alla base del lavoro di Dainelli, la passione dei volontari che con il loro lavoro hanno permesso il magico recupero dal fango di buona parte del materiale, la passione e dedizione alla base del lavoro di chi si applica al restauro di materiali come questi. Dal fango, che ha di fatto sommerso Livorno nella notte tra il 9 e il 10 settembre, è apparso un archivio fotografico di grande valore, conservato, incautamente (ma chi mai poteva prevedere quello che sarebbe successo?) da un livornese trasferito da tempo in Giappone, dall'altra parte del mondo: Daniele Dainelli. Un grande fotografo noto agli esperti del settore, ma poco a Livorno, come del resto succede nella maggior parte dei casi. All'appello per recuperare il materiale e riparare i danni rovinosi dell'acqua, in quei giorni sventurati,

hanno risposto in tanti: prima le figlie, poi gli amici, i fotografi, poi è partita come una gara di solidarietà che ha coinvolto associazioni, volontari, anche la BBC. Migliaia di negativi, e scatti, foto, prove di stampa, sapientemente archiviati, commentati sono stati accatastati, puliti, riesumati. *“Da qui, da questo carrello sporco e pieno di contenitori sbatacchiato dall’acqua nel garage e dai cassette rovesciati e schiantati in una casa completamente portata via dall’alluvione, nasce una storia d’amore filiale, di arte e fotografia, di donne che si rimboccano le maniche, lavano e asciugano, costruiscono una rete solidale di esperte e nel giro di pochi giorni coinvolgono tutta Italia e mezzo mondo, obiettivo salvare questo tesoro o almeno salvare il salvabile”* come scrive Michele Smargiassi dalle colonne de La Repubblica in quei giorni. Ne è venuto fuori un archivio diverso, con le tracce indelebili dell’accaduto, ma anche affascinante in questa nuova, tragica, veste. Del resto le parole che ricorrono per raccontare l’evento e la storia del recupero dell’archivio Dainelli rimangono impresse: passione, solidarietà, coraggio, lavoro collettivo, generosità. Per assurdo, tutti termini positivi, carichi, in un contesto tragico, violento, doloroso e funesto.

Dopo un primo intervento fatto dai volontari e dopo un lavoro di stabilizzazione del prezioso materiale fatto da Chief Onlus di Bologna, l’archivio di Dainelli è stato accolto negli uffici della coop Itinera di Livorno. Ma il valore e l’unicità del materiale, insieme alla storia avvincente alla base del suo primo recupero, si sono imposti. Siamo così arrivati all’11 maggio. Al Convegno e alla Mostra, realizzata dallo stesso Dainelli, con il supporto di Itinera. *“Nella mostra –come svela lo stesso Dainelli– mi sono confrontato con il mio passato, i miei inizi; spero non emerga solo un aspetto negativo, ma anche un segnale di speranza, per dare continuità e considerare che un cambiamento non è solo negativo. Nella mostra io cerco di evidenziare qualcosa che va al di là della fotografia ed è il supporto, che in quanto materia ha una sua vita e si trasforma”*.



# **La risposta alle emergenze: dall'exkursus storico sul salvataggio di materiale fotografico alluvionato agli spunti metodologici per il progetto Memoria Fotografica**

Barbara Cattaneo

*Opificio delle Pietre Dure e IFAC CNR*

## **1- Introduzione**

Il XX secolo si caratterizza per una trasmissione di memoria che avviene in modo preponderante su base visiva. Questo, grazie alla fotografia, che già fin dalla sua nascita si è proposta come testimone di un "qui ed ora" che non ha eguali negli altri linguaggi, oltre a riuscire a raccontare il mondo come non era mai accaduto prima. I patrimoni fotografici si configurano dunque come strumenti di rappresentazione - e/o di autorappresentazione - sedimentandosi in luoghi pubblici e privati. Gli oggetti fotografici, nella loro molteplicità di forme e polimatericità costitutiva, si trovano infatti conservati negli archivi di enti ed istituzioni, negli archivi d'impresa, così come in quelli di famiglia, e diventano ovunque, col passare del tempo, sempre più presenti ed esponenzialmente più numerosi. Gli eventi catastrofici, divenuti più frequenti per via del cambiamento climatico e spesso a causa della mancanza di misure di conservazione preventiva, arrivano così ad affliggere quantità ingenti di materiali fotografici. In una narrazione delle esperienze post alluvione possiamo oggi contare numerosi interventi che hanno permesso il recupero dei patrimoni danneggiati in toto o in alta percentuale.

Con il presente contributo, l'autrice vuole cominciare a tracciare una storia della risposta alle emergenze per il patrimonio fotografico, attraverso una disamina delle scelte operate, delle azioni di salvataggio e degli interventi di restauro effettuati a partire dall'alluvione di Firenze del 1966, fino al recupero post tsunami del 2011 in Giappone. Inoltre, verrà discusso il ruolo dell'industria fotografica, che si è sempre dimostrata molto attiva e presente nell'analizzare e sviluppare le istanze legate al recupero, lavorando in parallelo con la comunità scientifica di restauratori, curatori, archivisti, storici dell'arte e diagnostici dei beni culturali. In tutti i casi affrontati verrà sottolineata come l'operatività dei volontari sia stata fondamentale, concorrendo al recupero di identità e, dunque, alla preservazione dei patrimoni che di fatto rappresentano una collettività.

La ricerca bibliografica e la raccolta orale sono state funzionali al progetto MEMORIA FOTOGRAFICA ed hanno concorso all'impostazione del lavoro di sperimentazione sulle metodologie di restauro di materiali fotografici contemporanei alluvionati.

## **2- 1966-1980 Il recupero affidato ai fotografi**

Fino alla formalizzazione della figura del restauratore della fotografia, avvenuta negli anni '80 del '900, i fotografi hanno svolto un ruolo chiave nella gestione delle emergenze, utilizzando metodologie d'intervento legate alla conoscenza esperienziale dei materiali fotografici in camera oscura. Tuttavia, accanto a una pratica strettamente artigianale attuata dai fotografi, la ricerca industriale svolta all'interno delle grandi case produttrici ha sostenuto ed indirizzato le azioni del salvataggio. Come testimonia la prima grande alluvione che ha coinvolto uno stabilimento fotografico, la Kodak Australasia [1], con sede nello stato di Victoria in Australia e alluvionatosi nel 1934, il rischio da catastrofe naturale è sempre stato ben presente a tutti gli attori della fotografia e le grandi industrie fotografiche hanno sempre fornito supporto ai clienti tramite brevi pubblicazioni, fornendo numeri telefonici o, più di recente, contatti email per il «disaster recovery», come vedremo anche più avanti analizzando il ruolo della FUJIfilm nel post tsunami giapponese del 2011.

Per quanto riguarda l'alluvione di Firenze, esperienza seminale per il restauro di tutti i beni culturali, il recupero di fotografie è un aspetto che fino ad ora non è stato formalmente indagato. Il '66 fiorentino rimane infatti legato alla memoria del salvataggio delle opere d'arte, dei libri e del materiale d'archivio, e si ricorda soprattutto per la crescita scientifica di una comunità internazionale sui temi della sicurezza e della salvaguardia del patrimonio storico artistico, di cui rimane marginale quello fotografico. Eppure a Firenze si contano sicuramente diversi esempi d'intervento, anche se non facili da reperire. Uno di questi è rappresentato dal salvataggio dell'archivio fotografico dal Museo Topografico dell'Etruria,

situato al piano terreno del Museo Archeologico (oggi MNAF). La mattina del 4 novembre, acqua, fango e nafta investirono le gallerie espositive, spaccando le vetrine e distruggendo così l'ordine degli oggetti in esposizione. Aspetto peggiore, le etichette inventariali si staccarono. Fu chiaro fin da subito che l'unico modo per poter ridare un nome ed un'appartenenza ai reperti era agire sui negativi fotografici e salvarli. Fu Paolo Emilio Pecorella, al tempo ispettore archeologo presso la Soprintendenza alle Antichità dell'Etruria, ad organizzare il trasporto degli inventari e delle lastre fotografiche presso il Teatro Romano di Fiesole, dove nell'arco di sei mesi furono lavati e asciugati all'aria. [2]

Presso gli Uffizi, invece, fu direttamente Ugo Procacci, allora Soprintendente ai Monumenti e alle Belle Arti, ad attivarsi per salvare le decine di migliaia di lastre del Gabinetto Fotografico. Contattò Eve Borsook, storica dell'arte e del restauro, che diventerà poi una delle figure di punta del CRIA (Committee to Rescue Italian Art), al fine di organizzare il trasporto di circa 30.000 lastre a Villa I Tatti, un luogo sicuro, in collina [3]. Le lastre furono lavate e asciugate all'aria sfruttando il giardino e la limonaia della villa sotto il coordinamento di Balthazar Korab, un fotografo ungherese che si era da poco trasferito a Firenze (Fig. 1). Korab fu uno dei più importanti testimoni di quei giorni e documentò l'alluvione e la rinascita del patrimonio fiorentino con grande sensibilità. Incaricato dalla National Geographic Society, i suoi servizi furono anche pubblicati sulla rivista Life [4]



**Fig. 1 - Lastre asciugate all'aria nel giardino di Villa I Tatti**- Biblioteca Berenson, Villa I Tatti - The Harvard University Center for Italian Renaissance Studies, courtesy of the President and Fellows of Harvard College

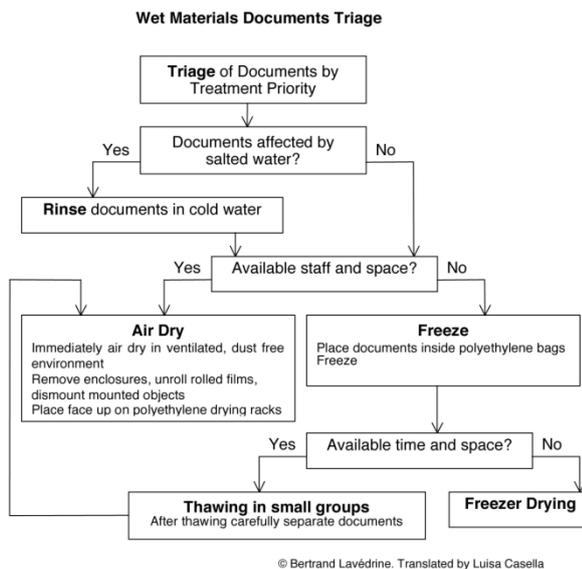
Parallelamente, anche gli operatori del Gabinetto fotografico delle Gallerie documentarono i danni dell'alluvione sviluppando le pellicole in un laboratorio d'emergenza. Si possono rammentare i nomi di Otello Ciuffi e Nadir Tronci, attivo anche ai Tatti, che assieme ai colleghi assistenti Vittorio Bertelli e Mario Masserelli recuperarono le lastre, i negativi in pellicola e le stampe che non erano state trasportate ai Tatti [5]. Degli Uffizi si sa inoltre che i laboratori scientifici e le attrezzature del gabinetto fotografico furono distrutti, insieme a un quarto dei negativi. La quantificazione la dobbiamo ad Evelina Borea, funzionaria incaricata dal 1964 di redigere il censimento delle opere tra Uffizi e Pitti, che ebbe inoltre l'incarico da Procacci di riordinare l'archivio salvato e di far ripartire nuove campagne fotografiche [6].

Nel 1966 furono dunque i fotografi e gli storici dell'arte a guidare il salvataggio dei materiali fotografici, non esistendo ancora figure specifiche per il restauro della fotografia e, probabilmente, anche per la mancanza dello status giuridico di bene culturale che li tutelasse. I beni fotografici, infatti, furono inseriti nel Testo Unico dei beni culturali soltanto nel 1999 (legge Veltroni).

### 3 - 1980-2019 Il recupero affidato ai restauratori

#### 3.1 - I piani d'emergenza e strategie per la gestione

Il restauro della fotografia cominciò ad avere una propria presenza e specificità dalla metà degli anni '80. In quegli anni, come consulenti per le emergenze vennero convocati i colleghi fondatori di questa disciplina, tra i quali occorre menzionare Anne Cartier Bresson (ARCP), Deborah Hess-Norris (University of Delaware), Grant Romer (George Eastman House), Bertrand Lavédrine (CNRS), James Reilly (Image Permanence Institute). Ad uso di biblioteche, fototeche, archivi cominciarono a nascere strumenti orientativi per la gestione delle emergenze [7], in cui venivano elencate le criticità delle varie tecniche fotografiche, oltre ad indicarne le priorità di intervento, come esemplificato dal *Triage* riportato in Fig. 2.



**Fig. 2 (Triage dei documenti alluvionati)** – Decision tree a cura di Bertrand Lavédrine, tratto da *Conservation Wiki*, risorsa online a cura dell’American Institute for Conservation.

In quegli anni si cominciò a parlare in modo più sistematico di prevenzione e a discutere di piani d'emergenza per le collezioni, ma si dovette aspettare gli anni 2000 per vederli effettivamente redatti e presenti nelle istituzioni. Caposcuola nella gestione delle emergenze per il patrimonio furono gli Stati Uniti. Infatti, nel 1995, a seguito dell'uragano Hugo e del terremoto di Loma Prieta in California, nacque il coordinamento chiamato The Heritage Emergency National Task Force (HENTF), con fondi della Federal Emergency Management Agency (FEMA) and dello Smithsonian Institution. Questo coordinamento raccoglieva i nominativi di organizzazioni sparse sul territorio americano impegnate nella risposta alle emergenze. Questo significa che le emergenze successive, come quella dovuta all'uragano Katrina, poterono contare sulla task force e su una rete di contatti ben organizzati e sempre più sviluppata [8]. In Italia, invece, occorre attendere il 1997, quando, su volere del ministro Veltroni, venne emanata la legge sul piano per la sicurezza del patrimonio culturale, mentre dal 2004 vige l'obbligo di redazione del piano di emergenza per il patrimonio per tutte le istituzioni statali [9]

#### 3.2 - La risposta alle emergenze e la condivisione dei risultati: casi studio

Furono dunque l'alluvione fiorentina ed i grandi eventi emergenziali dei decenni successivi a stimolare crescita e dibattito. Per esempio, le considerazioni fatte proprio a partire dall'esperienza di Firenze, principalmente per i beni cartacei, portarono ad applicare il congelamento per rallentare lo sviluppo di muffe ed a sperimentare l'asciugatura sotto vuoto per sublimazione, vale a dire la liofilizzazione. Inoltre, con il rafforzarsi della presenza della specialità di restauro fotografico e con l'accrescersi della comunità di restauratori, aumentarono le pubblicazioni, i report e i *conference talks* dedicati alla risposta alle emergenze, con lo scopo di aprire una discussione sempre più ampia su metodologie e tecniche di salvataggio. L'avvento di internet, in particolare, ha ampliato e favorito la condivisione dei saperi, basti pensare che il Conservation Global Forum (ex ConservationDistList), la

prima e tutt'ora più importante mailing list dedicata a conservazione e restauro, è online dal 1987 (ma con protocollo Telnet dal 1982).

Si presentano di seguito alcune esperienze fra le più recenti ed interessanti.

Sebbene le cause dei disastri siano prevalentemente legate ad eventi ambientali (esondazioni, terremoti), i patrimoni fotografici hanno dovuto fare i conti anche con i guasti agli impianti e con gli incidenti meccanici, come nel caso dell'Archivio regionale di Wijk bij Duurstede vicino ad Amsterdam, dove è intervenuta la restauratrice Clara Von Waldthausen, contattata dopo 5 giorni dal disastro. È importante sottolineare il numero dei giorni, poiché, idealmente, si prescrive di intervenire immediatamente, asciugando o congelando il materiale entro 48 ore, ma questo non è quasi mai possibile per via dell'impossibilità di accesso ai luoghi di cui deve essere verificata la sicurezza strutturale e spesso anche per mancanza di elettricità e di acqua.

A causa del malfunzionamento di una pompa, i sotterranei dell'archivio furono inondati nell'arco di poche ore. In un unico ambiente si trovavano conservati materiali misti: negativi su vetro e pellicola, diapositive, microfiche, positivi su carta sciolti o montati su supporto secondario, album fotografici. Waldthausen allestì un laboratorio e coordinò le operazioni di salvataggio diversificando i metodi di asciugatura, vale a dire l'asciugatura all'aria oppure il congelamento con una conseguente asciugatura all'aria o una liofilizzazione, a seconda della gravità del danno. La presenza di volontari fu fondamentale, quelli con migliore manualità smontarono i telai delle diapositive, poi congelate, mentre i negativi su vetro furono maneggiati solo dai restauratori ed asciugati subito all'aria. Il materiale in pellicola fu refrigerato e poi liofilizzato, senza però prima pulirlo, senza sciacquarlo. A fine liofilizzazione furono notate variazioni di gloss e sporco inglobato nella gelatina, impossibile da rimuovere post asciugatura. [10]

Un'altra esperienza importante è descritta da Greg Hill del Canadian Conservation Institute e riguarda l'alluvione in Ontario del 2004, dove invece si usò il liofilizzatore anche per le lastre di vetro. Hill precisa che fu eseguito un test su una scatola, poiché ogni liofilizzatore ha caratteristiche di lavoro diverse, e inoltre nota come i cicli di immissione di aria (apertura ogni due giorni) siano stati fondamentali per il controllo delle operazioni. Inoltre, le lastre sono state rimosse dai congelatori, pulite e poi liofilizzate, questo anche per aver modo di controllare l'integrità delle emulsioni prima della liofilizzazione. Si evince, dunque, che per le emulsioni sane si può prevedere il congelamento, una pulitura delle lastre da congelate e subito dopo la liofilizzazione. L'intervento di Greg Hill è estrapolato dalle note per il Photographic Materials Group Emergency Recovery of Photographs Workshop tenutosi ad Ottawa nel 2011 (anno dello tsunami in Giappone). Al loro interno ci sono altri spunti interessanti, per esempio, quelli di Mogen Koch, restauratore e docente danese che è intervenuto sul materiale alluvionato nel 2002 a Dresda e a Praga. Koch descrive l'uso di miscele di acqua e alcol etilico per pulire le emulsioni (poiché l'alcol diminuisce il rigonfiamento della gelatina) e alcol puro per facilitarne l'asciugatura. Koch specifica inoltre che il metodo funziona per stampe su carta baritata, montate e non, su pellicole, dia e lastre in vetro a colori o in B/N. Non ha funzionato invece su materiale troppo deteriorato, poiché più il materiale è danneggiato e più è difficile intervenire. Barbara Lemmen (Conservation Center for Art and Historic Artefacts, Philadelphia), invece, nota che un lavaggio rapido permette di rimuovere i residui superficiali, mentre uno più lungo è necessario se si devono eliminare contaminanti idrosolubili. [11]

Un altro caso fra i più recenti è rappresentato dal crollo dell'archivio della città di Colonia, forse dovuto ai lavori di una linea della metropolitana. In questo caso, circa il 10% del materiale fu danneggiato dalle acque di reflusso o dalla pioggia e fu immediatamente congelato. In un contributo presentato all'ICOM-CC Photographic Materials Working Group Interim Meeting del 2016 ad Amsterdam, la restauratrice Marie Louise Frank ha descritto le operazioni di recupero cominciate nel 2011, dunque 2 anni dopo il crollo. Il punto saliente dell'esperienza è stata la messa in pratica di un workflow molto strutturato che ha impiegato sessanta restauratori. I materiali che non potevano più essere trattati in acqua, come gli album fotografici e i materiali fragilissimi, sono stati liofilizzati, mentre per gli altri sono state predisposte stazioni di scongelamento, vale a dire acclimatamento, per poi proseguire con lavaggi in acqua di rubinetto. Solo le Polaroid sono state trattate a parte, poiché già in letteratura questi materiali sono conosciuti come estremamente delicati. Le scelte dell'Archivio e di Frank sono state dettate dalla volontà di rendere di nuovo fruibile più informazione possibile, usando il metodo più conosciuto, più semplice e poco dispendioso da un punto di vista energetico, vale a dire il lavaggio in acqua [12].

#### **4 - Il recupero fisico e il salvataggio digitale**

Il salvataggio digitale è un'altra possibilità di risposta, già collaudata per svariate esperienze. Un caso peculiare ed estremo è quello dell'archivio Barsotti, attivo dal 1890 al 1982 in via della Scala a Firenze e vittima di una grave dispersione nel 1966. Oltre 7000 pezzi, tra stampe e lastre, sono stati

ritrovati negli archivi dei committenti pubblici e privati, fra i quali, quello di Giovanni Michelucci. Grazie ad un progetto dell'ex Soprintendenza archivistica e bibliografica della Toscana, insieme all'Università di Firenze, è stato ricreato un archivio virtuale. [13]

Se fin qui sono stati indagati i salvataggi di archivi istituzionali o professionali, come nel caso di Barsotti, online si trovano i resoconti di moltissime esperienze di recupero del patrimonio familiare, a sancire l'importanza della fotografia come testimone di identità e memoria. L'esempio più eclatante e toccante è quello del salvataggio post tsunami. Migliaia di fotografie sono state raccolte, sciacquate, asciugate, digitalizzate e condivise online per provare anche a ricompattare i nuclei sociali, a ricreare quei legami che la distruzione dei territori aveva sciolto. Lungo i circa 200 km di territorio coinvolto dal disastro hanno operato quasi esclusivamente associazioni di volontariato, poiché lo sforzo statale era concentrato sui beni culturali. Molti dei «rescue team» sono stati coordinati dalla FUJIfilm. [14] Da un articolo di Yoko Shirawa, coordinatrice del recupero nell'area di Ofunato, si evince come la presenza di acqua di mare abbia giocato un ruolo importante, ritardando l'asciugatura completa dei materiali. [15] È noto, infatti, che la presenza di sali influisce sull'umidità relativa, ma allo tempo tende a disidratare la gelatina per via della pressione osmotica. Questo è un aspetto che deve essere indagato più a fondo, perché da un lato si sa che il cloruro di sodio danneggia l'argento dell'emulsione, si sa anche che può essere impiegato per ritardare lo sviluppo di muffe poiché, sempre per via della pressione osmotica, una soluzione salina tende a disidratare i microrganismi. Di conseguenza, il giusto sale e la sua giusta concentrazione potrebbero essere impiegati per l'asciugatura del materiale alluvionato e la stabilizzazione della gelatina di emulsioni alluvionate. Quest'ultimo spunto è stato anche discusso per il trattamento dell'archivio Dainelli, così come il recupero del dato immagine attraverso l'acquisizione digitale [16].

## 5 - Il restauro effettuato a distanza temporale dal disastro

Così come è accaduto per l'archivio di Colonia, il restauro vero e proprio dei materiali, quando l'asciugatura non è sufficiente a renderli di nuovo fruibili, può avvenire anni dopo l'evento catastrofico. L'archivio Dainelli si è configurato subito come un caso particolarissimo, per gravità del danno subito e distanza temporale dal primo intervento effettuato. Per affrontarne il restauro sono state rintracciate alcune fonti sul trattamento di materiale ormai asciutto, anche se nella maggior parte dei casi si è trattato di interventi su fotografia storica, vale a dire prodotta prima del 1950.



**Fig. 3 (Danni da alluvione - album di Doro Levi)** - Esempio di danni da alluvione subiti da un positivo su carta, emulsione al cloro-bromuro d'argento, anni '30. In particolare, si notano le tracce di fango superficiali, le aree di dilavamento dell'emulsione, il sollevamento dello strato baritato, aree di caduta totale dello strato immagine, la deformazione del supporto.

In particolare, è stato utile approfondire il restauro del fondo Giamelli Bobbio, alluvionato nelle Langhe nel 1994, ma recuperato a partire dal 1996, durante il quale sono stati analizzati gli impieghi di soluzioni idroalcoliche [17]. Gli aristotipi alluvionati nel 1966 e di proprietà della Società di Studi Geografici di Firenze [18], invece, hanno fornito spunti per l'esecuzione di puliture localizzate e consolidamenti, mentre l'esperienza di restauro sui fondi dei positivi e delle microfiches alluvionate della Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, così come l'intervento sull'album di Doro Levi (fig. 3), di proprietà MNAF, ma eseguito presso la BNCF, hanno permesso di sperimentare metodologie di pulitura tramite idrogel e di consolidamenti con gelatine [19].

Per quanto riguarda le pellicole “mattonate”, vale a dire compattate a seguito dell’asciugatura, spunti preziosi sono venuti dalla sperimentazione di Alisha Chipman sui negativi del fondo Anderson dello Smithsonian National Museum of African-American History and Culture datati 1950-1970 [20]. In questo caso, gruppi di le lastre di acetato e poliestere, di medio formato, sono stati sottoposti a 23 tipi di trattamento, dei quali il congelamento dopo immersione in acqua fredda (10°C), per poi separare e far asciugare all’aria dopo un bagno in soluzione idroalcolica, si è dimostrato fra i più efficaci. Anche l’uso di bagni in acqua acidulata con acido citrico (pH 4) si è dimostrato promettente.



**Fig. 4 (Danni da alluvione – diapositive anni '90, dall'archivio D. Dainelli) –** Esempio di danni da alluvione subiti da pellicole a colori a sviluppo cromogeno. Si notano le tracce di fango sui telai ed il dilavamento perimetrale degli strati di colore. In particolare, di quello contenente il colorante ciano, (stratigraficamente, il più esterno), seguito dal magenta e dal giallo, fino alla perdita totale degli strati di gelatina. (ph Laura Messina)

La discussione dei metodi e delle possibilità di applicazione per il fondo Dainelli (fig. 4) verranno affrontati dettagliatamente nel contributo dedicato al restauro del fondo Dainelli, nel presente volume.

## 6 - Conclusioni

L'esperienza maturata nel corso degli eventi catastrofici e condivisa all'interno di una comunità scientifica permette di conoscere e calibrare sempre meglio gli interventi, sia in preparazione, sia in risposta alle emergenze. Ogni evento è unico e necessita soluzioni di intervento ad hoc, pertanto i restauratori sono gli unici in grado di poter indirizzare verso scelte oculate per il recupero del materiale, collaborando con tutti gli altri attori dell'emergenza. Le squadre di volontari apportano energia positiva, ma devono essere istruite e coordinate, pena l'inefficacia delle azioni di salvataggio e la perdita della capacità di resilienza. Inoltre, è necessario saper interloquire con le istituzioni, per esempio le soprintendenze o le autorità cittadine, e saper trovare risorse umane ed economiche (advocacy, fundraising). La condivisione delle esperienze - siano esse di natura tecnica, o gestionale, o amministrativa - va sempre nutrita ed incoraggiata per arrivare a salvare patrimoni ed identità culturali.

Ai fini della definizione di un approccio metodologico, come quello per il restauro dell'archivio Daniele Dainelli, è fondamentale il confronto con le altre esperienze di recupero, in particolare l'analisi del comportamento dei materiali reperita in letteratura o attraverso testimonianze orali, da affiancare alla diagnostica e alla verifica sperimentale sui campioni selezionati.

## Riconoscimenti

Stefano Anastasio (SABAP Firenze), Barbara Bergaglio (Camera - Torino e Censimento Fotografia Italia), Costanza Caraffa, Ute Dercks (KHI), Valentina Conticelli, Francesco Del Vecchio, Roberto Palermo (Uffizi), Eve Borsook, Ilaria della Monica, Giovanni Pagliarulo (I Tatti), Tiziana Serena (UniFi), Emanuela Sesti (Alinari), Marco Ciatti, Cecilia Frosinini, Letizia Montalbano (OPD), Roberto Ferrari (Regione Toscana), Marcello Picollo (IFAC-CNR), Giulia Fraticelli (PROG. Memoria Fotografica), Coop. Itinera Livorno

## Bibliografia

- [1] Immagini del sito alluvionato sono visibili su <https://collections.museumvictoria.com.au/items/1460487> (verificato il 12/07/2019)
- [2] La storia dei materiali appartenenti alla ex Soprintendenza archeologica della Toscana, oggi al Museo Nazionale Archeologico di Firenze è stata riferita da Stefano Anastasio, funzionario archeologo della SABAP. Un resoconto dell'evento è reperibile anche nel blog del MNAF, pubblicato il 4 novembre 2013, dal titolo : *4/11/1966: l'Arno esonda e spazza via il Museo Topografico dell'Etruria* <https://museoarcheologicoNazionaleDifirenze.wordpress.com/tag/reperti-alluvionati-firenze/> (verificato 12/7/2019)
- [3] Eve Borsook è oggi Senior Research Associate Emeritus presso Villa I Tatti, del suo ruolo durante l'alluvione fiorentina, rammenta: *After the flood hit, for a year and a half, I worked mainly as a liaison between the Florentines and the people-from 23 different countries-who had come to assist with conservation. One of my first tasks was getting 30,000 damaged glass photographic negatives from the Gabinetto Fotografico moved up to Villa I Tatti, where they had to be cleaned. The flood really brought international science to Florentine conservation.* (fonte: *Voices of Mud Angels* in *The Florentine*, 27/10/2016, p.25. L'esperienza del salvataggio delle lastre è inoltre riportata in un'intervista rilasciata per il blog del Museo dell'Opera del Duomo del 4 novembre del 2014, dal titolo *4 novembre 1966: 52 anni fa l'alluvione di Firenze*. Le immagini del lavaggio e dell'asciugatura delle lastre sono visibili su: <https://cria.itatti.harvard.edu/> (tutti i link verificati il 12/7/2019)
- [4] si veda il sito curato da Massimo Pacifico <http://www.barnum-review.com/it/le-foto-dellalluvione-di-firenze-di-balthazar-korab/>
- [5] Si veda la nota stampa del 4 novembre 2016 a firma di S. Cangemi, *Gli scatti dell'alluvione agli Uffizi: la tragedia in bianco e nero*. <https://www.stamptoscana.it/gli-scatti-dellalluvione-agli-uffizi-la-tragedia-in-bianco-e-nero/>
- [6] Evelina Borea, *Un'esperienza particolare di ricerca storico-artistica nel Museo. L'indagine nei depositi delle Gallerie statali di Firenze ed i riflessi sulla progettazione di un catalogo sistematico delle collezioni pittoriche*, in *Immagine del museo negli anni '80*, atti del convegno, Milano 1981, in *Bollettino d'arte*, supplemento n. 1, 1982 <https://docplayer.it/116718964-Ministero-dei-beni-e-delle-attivita-culturali-bollettino-d-arte.html>
- [7] A titolo di esempio, si vedano due risorse ad accesso libero: Gary Albright, *Emergency Salvage of Wet Photographs*, NEDCC Preservation Leaflet n. 3.7, 1999 <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/3.-emergency-management/3.7-emergency-salvage-of-wet-photographs>; *A Consumer Guide for the Recovery of Water-Damaged Traditional and Digital Prints*, a cura dell'Image Permanence Institute, pdf scaricabile dalla pagina <https://www.imagepermanenceminstitute.org/resources/publications>
- [8] La storia dell'Heritage Emergency National Task Force è disponibile sul sito <https://culturalrescue.si.edu/hentf/>
- [9] Il provvedimento istituisce misure preventive in fatto di rischi legati a incendi e ai furti, sicurezza e preparazione alle emergenze [https://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/MibacUnif/Comunicati/visualizza\\_asset.html\\_698904125.html](https://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/MibacUnif/Comunicati/visualizza_asset.html_698904125.html)
- [10] C. Von Valdthausen, *Recovery of a water-soaked photographic collection in the Netherlands*, in *Preparing for the Worst, Planning for the Best: Protecting our Cultural Heritage from Disaster*, IFLA Conference Proceedings, Berlin, IFLA Publications 111, pp. 163-176 (2003)
- [11] Si veda: A. Robb (compilatore) *Summary of Photographic Materials Group Emergency Recovery of Photographs Workshop*, American Institute for Conservation Photographic Materials Group Winter Meeting, Ottawa, Canada, February 4-5, 2011, [http://www.ndl.go.jp/jp/aboutus/preservation/pdf/lec201109\\_text5.pdf](http://www.ndl.go.jp/jp/aboutus/preservation/pdf/lec201109_text5.pdf)
- [12] M. Frank, *Deformed, torn, degraded: Conservation, housing and storage of heavily damaged photographs in the collections of the City Archives of Cologne*, presentazione orale, ICOM CC PMWG Interim Meeting Rijksmuseum, 21-24 settembre 2016
- [13] G. Carapelli, M. Cozzi, *Un archivio perduto e ritrovato. I Barsotti fotografi*, Sillabe, 2016; si veda anche <http://www.michelucci.it/2016/11/19/un-archivio-perduto-ritrovato-barsotti-fotografi/>
- [14] FUJIFILM [https://www.fujifilm.com/support/photo\\_rescue/10.html](https://www.fujifilm.com/support/photo_rescue/10.html)
- [15] Y. Shirawa, *Rescuing tsunami-damaged photographs in Japan*, *Journal of the Institute of Conservation*, Volume 36, Issue 2, pp. 195-203 (2013)
- [16] Si veda H. Kenta, *et. al.*, *First aid for flood-damaged paper using saltwater: The inhibiting effect of saltwater on mold growth*, *Studies in Conservation*, vol. 57, n. 3, pp 164-171. Si rimanda inoltre ai contributi di G. Fraticelli e M. Picollo *et.al.* nel presente volume.

[17] Segnalazione orale di Barbara Bergaglio, coordinatrice scientifica del Censimento delle raccolte fotografiche in Italia (<http://www.censimento.fotografia.italia.it/>). Si veda L. Residori, D. Ruggero, D. Giordi, S. Ortolani, *Il recupero del fondo fotografico Giamelli-Bobbio*, in *Metodi chimici, fisici e biologici per la salvaguardia dei beni culturali*, 20° Congresso nazionale AICAT - GICAT (Roma, 18 dicembre 1998), Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Roma (1998).

[18] Comunicazione orale di Federica Delia, restauratrice intervenuta sui materiali in occasione del progetto *Memorie geografiche. Un archivio fotografico per la storia del territorio*, promosso da SAGAS UniFi di cui è sta

[19] Presentazione orale ICOM PMG ICOM CC PMWG 2019. B. Cattaneo: The treatment of photographic albums: between emic and etic approaches (video e testo per ICOM PMWG & AIC PMG Joint Meeting – New York 19-23 febbraio 2019)

[20] A. Chipman, *Separate but Equal: Testing Treatment Techniques to Separate Water-Damaged Blocked Film-Based Negatives from the Henry Clay Collection of the Smithsonian National Museum of African-American History and Culture*, in *Topics in Photographic Preservation*, vol. 15, AIC-PMG, pp. 444-461

# I danni dell'acqua su un archivio fotografico contemporaneo: lo stato di conservazione dell'archivio Dainelli

Giulia Fraticelli<sup>(1)</sup>, Laura Messina<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Restauratrice privata di beni cartacei e fotografici, Firenze

<sup>(2)</sup> Archivistica, Livorno

## 1 - Introduzione

Lo stato di conservazione dell'intero fondo Dainelli si presenta in gravissime condizioni, a tal punto che parte del materiale non sarà recuperabile. Le prime operazioni di salvataggio, operate da volontari organizzati in squadre di soccorso, sono state determinanti per la messa in sicurezza dei fototipi. Tuttavia, per ragioni di sicurezza, tali operazioni sono potute iniziare solo dopo circa 15 giorni, periodo in cui il fondo è rimasto in acqua e fango. I piani di gestione delle emergenze per il recupero del materiale fotografico in caso di alluvione indicano 48h quale tempo massimo d'intervento; oltre questo limite il materiale è ritenuto difficilmente recuperabile, a rischio severo di sviluppo microfungino<sup>1</sup>.

Anche se un appello online ha raccolto volontari che sono intervenuti su parte del fondo, non è stato possibile intervenire su tutto il materiale, a causa dell'ingente quantità di fototipi presenti. Le operazioni eseguite si sono concentrate sull'estrazione dei negativi dai raccoglitori di conservazione, sul lavaggio per eliminare il più possibile i residui di fango, seguito dall'asciugatura all'aria. La maggior parte del materiale lavato è stato poi interfoliato tra fogli di tessuto-non-tessuto (TNT), raccolto in cartelle provvisorie e trasportato in un locale in sicurezza. Il restante materiale è stato fatto asciugare così come si trovava al momento della movimentazione dal deposito alluvionato; parziale intervento è stato quello di interfoliare con TNT.

Le operazioni di pronto intervento, per quanto non condotte da specialisti e, a volte, causa di perdita di parte dell'emulsione durante le fasi di lavaggio, sono state fondamentali per il salvataggio di informazioni altrimenti difficilmente recuperabili.

Dopo circa 2 mesi dall'evento, in data 3 novembre 2017, è stata eseguita la stabilizzazione a raggi gamma al dosaggio di 5Kgy, grazie all'intervento di CHIEF Onlus, associazione di volontariato della Protezione Civile italiana dedita al soccorso di beni culturali colpiti da calamità. Il trattamento, per quanto non esente da problematiche (rischio di depolimerizzazione dei materiali cellulósici)<sup>2</sup>, ha permesso di ridurre la contaminazione microbica potenzialmente biodeteriogenica e ha favorito la manipolazione del materiale senza rischio per gli operatori. A 17 mesi da tale intervento sono stati eseguiti prelievi con piastre Petri per verificare la carica microfungina e batterica<sup>3</sup>. Le piastre sono state mantenute 120 ore all'interno di una stufa con T pari a 28/30° C. Al termine di tale periodo non è si sono verificate crescite significative di micro funghi o batteri al di sopra dei terreni di coltura (Fig. 1).



**Fig.1** - Piastre dopo 120 ore in stufa

<sup>1</sup> Vedi AIC WIKI. *PMG Emergency Response, Salvage, and Recovery Techniques*;

[https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/3.-emergency-management/3.7-emergency-salvage-of-wet-photographs](https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/3.-emergency-management/3.7-emergency-salvage-of-wet-photographs;);

[https://francearchives.fr/file/3fc2800923226832b4ad76a805a4ae843f1d18b5/CP-](https://francearchives.fr/file/3fc2800923226832b4ad76a805a4ae843f1d18b5/CP-Plan%20de%20sauvegarde%20des%20fonds%20d%27archives%20memento-2014.pdf)

[Plan%20de%20sauvegarde%20des%20fonds%20d%27archives%20memento-2014.pdf](https://francearchives.fr/file/3fc2800923226832b4ad76a805a4ae843f1d18b5/CP-Plan%20de%20sauvegarde%20des%20fonds%20d%27archives%20memento-2014.pdf)

DELIA Federica, *La gestione delle emergenze*, in *Il restauro della fotografia*, a cura di CATTANEO Barbara, Firenze, 2012, ed. Nardini, pp. 219-230

<sup>2</sup> *I raggi gamma*, in *"Sulle fotografie danneggiate"*, a cura di M. Adamo, D. Matè, P. Trematerra, Enea, Roma 2015, pp. 91-93.

<sup>3</sup> Per il campionamento sono state scelte tre casistiche: negativo B/N e negativo colore conservati all'interno di raccoglitori in plastica, materiale compattato e recante depositi superficiali biancastri. Il prelievo e la coltura sono stati eseguiti su piastre Petri con terreno Sabouraud Dextrose Agar.

## 2 - Ricognizione dei fototipi nell'Archivio Dainelli

### 2.1 - Macro categorie

Un lavoro propedeutico per l'importante recupero collettivo dell'Archivio analogico del fotografo Daniele Dainelli è stato la ricognizione di tutto il materiale, processo necessario per creare una mappatura dei fototipi utile a un lavoro mirato degli operatori che vi hanno lavorato successivamente.

L'operazione ha portato alla luce prima di tutto la consistenza del fondo, rivelando la presenza di circa 7800 fototipi tra negativi colore, negativi bianco e nero e diapositive, cioè circa 45000 singoli fotogrammi. Le stampe positive, sono poco più di 300.

Del materiale recuperato, contestualmente al conteggio dei fototipi, è stata fatta una suddivisione in tre macro categorie in base al loro stato di conservazione: a) buono (3125 fototipi); b) sufficiente (3343 fototipi); c) pessimo (1200 fototipi). La prima identifica le pellicole in uno stato conservativo buono. Si tratta di pellicole che non hanno bisogno di alcun intervento di restauro se non di piccole operazioni di pulitura e spolvero, e permettere così un immediato ricollocamento delle stesse in materiale conservativo adeguato (Fig. 2). Di questa tipologia sono state individuate 3125 strisce in pellicola.



Fig.2- Stato conservativo buono



Fig.3- Stato conservativo sufficiente

La seconda categoria identifica le pellicole in uno stato conservativo sufficiente, dove l'immagine è ancora leggibile ma il supporto che spesso ha perso la sua planarità, presenta un'adesione ad altri materiali come altri negativi o pergamino (Fig. 3). Di questa tipologia sono state individuate 3343 strisce in pellicola.



Fig.4- Stato conservativo pessimo

La terza e ultima macro categoria è quella delle pellicole in stato pessimo, praticamente irrecuperabili. L'immagine risulta illeggibile e a volte totalmente assente per via dell'emulsione migrata su altro supporto, in molti casi c'è un'adesione completa ad altri materiali rendendo impossibile qualsiasi intervento di recupero (Fig. 4). Di questa tipologia sono state rilevate circa 1200 strisce in pellicola.

### 2.2 - Le marche delle pellicole

Un'altra operazione necessaria alla mappatura per una sperimentazione mirata, è stata l'identificazione delle pellicole utilizzate dall'autore durante la sua attività da fotografo analogico compresa tra gli anni 1991 e 2006.

La prima evidenza è l'utilizzo di una varietà elevata di pellicole differenti, sia nella marca che nel tipo specifico, le marche maggiormente utilizzate sono le pellicole Fuji e Kodak, sia a colori, in bianco e nero, sia diapositive, il dettaglio è visibile nella tabella sottostante dove la quantità esprime il numero di strisce e non i singoli fotogrammi (Tab. 1). L'identificazione delle marche commerciali permette di sperimentare su fototipi con specifiche chimiche conosciute fornendo la possibilità di comparare stessi danni su marche diverse.

Marche	Quantità
Agfa APX25	4
Fuji 400	6
Fuji Chio 400-S	1
Fuji NPC160	16
Fuji NS160	12
Fuji PN 160NS	6
Fuji PN 400N	457
Fuji RDP II	61
Fuji RDP III	12
Fuji Reala	4
Fuji Reala CS-4	576
Fuji Reala CS-6	194
Fuji S-400	51
Fuji S-800	29
Fuji NPH 400	161
Ilford HP5	17
Kodak 400 VC	166
Kodak Gold 400	10
Kodak PJ	5
Kodak PJ 400	264
Kodak PJ 800	134
Kodak Portra 400UC	7
Kodak Supra 100	40
Kodak Supra 400	1078
Kodak Supra 800	426
Kodak Royal Supra	3
Kodak Royal Supra 200	39
Kodak Royal Supra 400	1898
Kodak Royal Supra 800	36
Kodak 160 VC	5
Kodak EBX	8
Kodak GT 800-3	88
Kodak TMX 5052	81
Kodak TMX 5053	71
Kodak TMX 6052	127
Kodak TMY 5053	592
Kodak TMY 6053	79
Kodak TMZ 5054	14
Kodak TP 6415	30
Kodak TP 6416	1

Tab.1-Marche pellicole

La ricognizione, inoltre, attraverso il conteggio e la valutazione conservativa, permette una stima su materiali e scatole conservative utili al condizionamento in sicurezza dei fototipi salvati.

### 3 - I danni dall'acqua su un archivio fotografico contemporaneo: lo stato di conservazione dell'archivio Dainelli

I danni riscontrati nell'archivio Dainelli sono di tipo fisico, chimico e biologico. Le casistiche di seguito descritte ben presentano la gravità dell'evento emergenziale e costituiscono un utile punto di partenza per lo studio di metodologie di intervento post-catastrofe.

### 3.1 - I negativi monocromi e colore alla gelatina al bromuro d'argento su supporto in triacetato di cellulosa

Lo stato di conservazione dei negativi alla gelatina al bromuro d'argento monocromi e colore su supporto in triacetato di cellulosa è caratterizzato da una netta differenza tra il materiale su cui si è riusciti ad intervenire nella fase di salvataggio e quello asciugatosi negli involucri di conservazione.

In entrambi i casi l'emulsione è profondamente segnata dall'azione dell'acqua per cui si riscontrano fenomeni di dilavamento fino alla perdita di informazione.

#### 3.1.1 - Negativi monocromi

La quantità dei negativi alla gelatina e bromuro d'argento, ovvero monocromi, è nettamente inferiore rispetto a quella dei negativi colore; presentano, inoltre, differenze per quanto riguarda lo stato di conservazione e i danni riportati a seguito del bagnamento.

La maggior parte di questa tipologia di pellicole si trova conservata all'interno di buste in materiale plastico (Fig. 5), mentre in minor quantità si riscontrano glassine e contenitori in carta (Fig. 6).

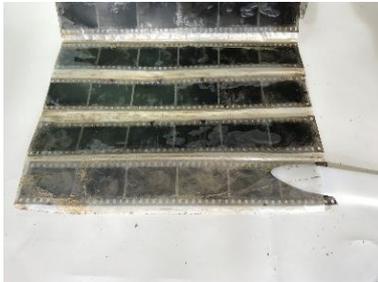


Fig.5 - Negativi B/N dentro contenitori plastici



Fig. 6- Negativi B/N dentro buste in carta e *glassine*

Nei pochi casi in cui i fototipi monocromi sono conservati dentro carta *glassine*, si possono notare fenomeni di adesione irregolare ad essa, con relativo trasferimento dell'immagine (Fig. 7). Per una spiegazione più dettagliata del fenomeno si rimanda alla trattazione sullo stato di conservazione dei negativi colore, materiale sul quale tale danno è maggiormente riscontrabile.



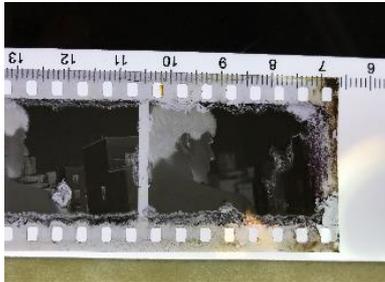
Fig. 7 - Lacune e danneggiamenti dell'emulsione (striature)

Sono presenti anche pellicole compattate tra loro in quanto non conservate separatamente all'interno di raccoglitori; l'emulsione bagnata ha aderito al lato supporto del negativo adiacente creando blocchi compatti (Fig. 8).

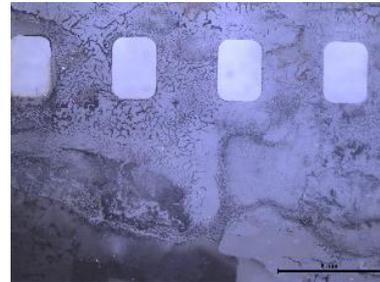


Fig. 8 - Negativi compattati e adesi alla carta di conservazione

Residui di fango sono presenti sopra e all'interno degli involucri. Il dilavamento dell'emulsione si riscontra principalmente sul margine superiore e inferiore dei negativi, oltre che sulle estremità laterali delle strisce, punti in cui si concentrano anche i depositi di fango (Figg. 9-11). Sono presenti residui di carta adesi all'emulsione (Fig. 12).



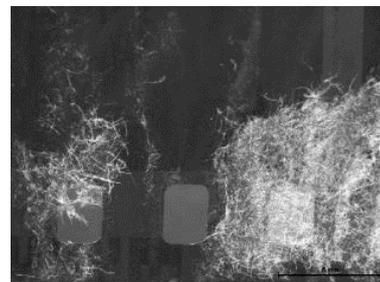
**Fig.9** - Lacune ai margini del negativo



**Fig 10.** - Lacune ai margini del negativo (stereomicroscopio<sup>4</sup> 7,8X)



**Fig. 11** - Depositi di fango

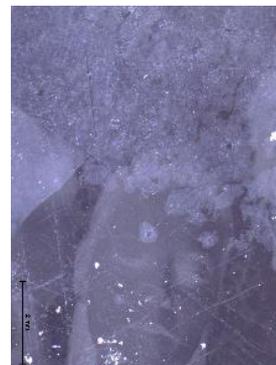


**Fig. 12** - Residui di carta (stereomicroscopio, 7,8X)

Non si sono verificati fenomeni di adesione totale tra emulsione e le buste conservative in materiale plastico, come è invece accaduto per i fototipi conservati nelle buste in carta (Fig. 13). I contenitori in materiale plastico hanno però comportato un grave danno a carico dell'emulsione (Fig. 14), a causa dell'umidità trattenuta molto a lungo all'interno di tali materiali non traspiranti. In alcuni casi l'emulsione risulta ancora umida dopo più di un anno dalla catastrofe.



**Fig. 13**- Negativi B/N estratti dal raccoglitore in plastica



**Fig. 14** - Parte superiore: modifica della struttura di gelatina (stereomicroscopio 16X)

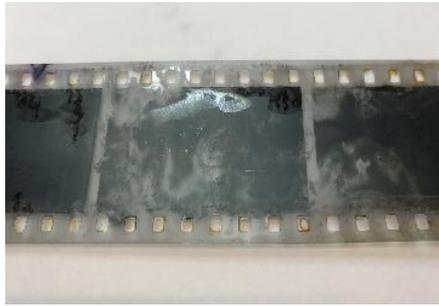
Il bagnamento prolungato ha comportato quindi, oltre al dilavamento di ampie parti di emulsione, anche un meccanismo degradativo idrolitico che rende la gelatina dell'emulsione estremamente sensibile. L'assorbimento di acqua può infatti indebolire, fino a rompere i legami intermolecolari della struttura amminoacidica della gelatina. L'idrolisi comporta un abbassamento del peso molecolare e del punto di gelificazione implicando un aumento di sensibilità all'umidità<sup>5</sup>.

Conseguenza del bagnamento e dell'asciugatura non controllata all'interno dei raccoglitori in plastica è stato anche il danneggiamento dello strato anti-curl presente sul supporto in triacetato (Fig. 15). Tale strato è stato parzialmente rimosso, come si può osservare dalla differenza di lucidità di alcune porzioni: le zone più opa-

<sup>4</sup> È stato impiegato un microscopio *Leica M205C* attrezzato con ingrandimenti fino a 160x e avente una sorgente illuminante a LED. I fototipi sono stati osservati in luce riflessa.

<sup>5</sup> FURIC, 2002: p.67

che presentano ancora la gelatina anti-curl mentre quelle lucide mostrano il supporto in triacetato di cellulosa. Le analisi FT-IR in ATR e le analisi stratigrafiche hanno confermato la presenza di gelatina sul lato supporto.



**Fig. 15** - Danneggiamento dello strato anti-curl sul lato supporto



**Fig. 16** - Trasferimento dell'emulsione sulla carta della busta di conservazione

In alcuni casi, a seguito del bagnamento, l'emulsione delle pellicole conservate all'interno di buste in materiale cartaceo si è distaccata, più o meno gravemente, e ha aderito alle fibre della carta (Fig. 16).

Altro fenomeno osservabile sui negativi monocromi sono diffuse macchie di colore rosa causate, con tutta probabilità, dalla solubilizzazione degli agenti anti-halo presenti nell'emulsione<sup>6</sup> (Fig. 17). Tale colorazione è spesso visibile anche all'interno della carta a cui sono adesi alcuni fototipi (Fig. 18).



**Fig. 17** - Macchie di colore rosa e depositi di fango (stereomicroscopio, luce trasmessa, 25X)



**Fig. 18** - Anti-halo trasferitosi nella carta della busta di conservazione

### 3.1.2 - Negativi colore

Per quanto concerne i negativi colore lavati in fase di salvataggio la problematica presente in maggior misura sono residui coerenti alla superficie.

I negativi lavati in fase emergenziale mostrano, inoltre, una perdita più o meno grave degli strati di immagine (Fig. 19); ciò si è probabilmente verificato in quanto l'emulsione bagnata non ha tollerato il lavaggio in soluzioni acquose essendo già fortemente compromessa dalla lunga permanenza in acqua e fango.



**Fig. 19** - Lacune dell'emulsione su un negativo lavato in fase emergenziale

L'adesione della *glassine* al lato emulsione è, invece, il danno maggiormente riscontrabile sui negativi su cui non si è intervenuti in una prima fase. L'asciugatura all'aria ha provocato una contrazione della carta dell'involucro che è rimasta adesa in modo disomogeneo (Fig. 20), creando delle striature con un andamento perpendicolare alla pellicola. Le striature interessano lo strato immagine, andando, spesso, a ledere non soltanto lo strato protettivo dell'emulsione, ma l'emulsione stessa in differenti stadi di gravità a seconda dell'esposizione

<sup>6</sup> Vedi L. Residori, 2009, p.149

del negativo all'azione dell'acqua e del suo grado di adesione alla *glassine* (Figg. 21-22). In alcuni casi tale danno, il rammollimento e il dilavamento dell'emulsione risultano ad uno stadio estremamente grave e irrecuperabile (Figg. 23-24); a ciò si aggiunge anche la deformazione del supporto in triacetato bloccato nei raccoglitori in *glassine*, in film plastico e obbligato a seguirne i relativi movimenti di dilatazione e restringimento (Fig. 25).



**Fig. 20-** Adesione della *glassine* all'emulsione



**Fig. 21 -** Adesione della *glassine* all'emulsione in luce diffusa



**Fig. 22 -** Adesione della *glassine* all'emulsione in luce trasmessa



**Fig. 23 -** Differenti stadi di danneggiamento dell'emulsione



**Fig. 24 -** Emulsione parzialmente trasferitasi sulla carta *glassine*

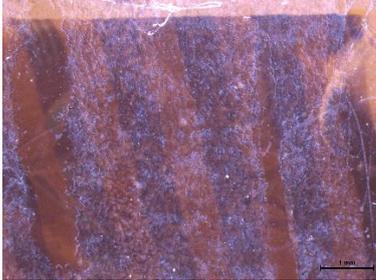


**Fig. 25 -** Adesione dell'emulsione alla *glassine* e deformazione del supporto

L'adesione dell'emulsione alla *glassine* ha comportato importanti modifiche della *texture* superficiale; anche nei casi in cui l'adesione della carta è limitata allo strato di *coating* di gelatina, questa ha ormai irrimediabilmente perso la finitura glossy, modificando, quindi, l'indice di rifrazione rispetto alle zone non danneggiate (Fig. 26). Per avere dei parametri di riferimento rispetto al cambiamento superficiale sono state effettuate misu-

razioni della riflettanza sulle parti giudicate integre e su quelle danneggiate. Per una spiegazione più dettagliata delle misurazioni si rimanda alla relazione sulle sperimentazioni di restauro.

Tramite alcune prove di acquisizione digitale è stato possibile evidenziare come tale danno si ripercuota anche a livello di fruizione dell'immagine. Nel paragrafo dedicato alla sperimentazione verranno meglio illustrate le problematiche di acquisizione e fruizione, nonché le strategie d'intervento per recuperare le immagini.



**Fig. 26** - Differenza di *texture* superficiale (stereomicroscopio 19X)



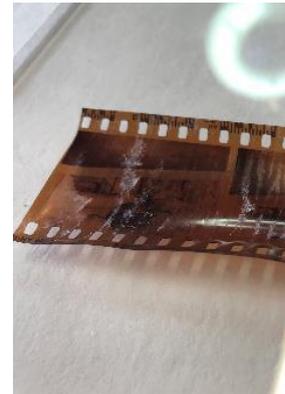
**Fig. 27** - Fibre glassine dopo fluoroglucina

Sulla carta glassine è stato effettuato uno spot test tramite reattivo alla fluoroglucina; non è stata rilevata colorazione connessa alla presenza di lignina<sup>7</sup> (Fig. 27).

Come per i negativi monocromi si registrano inoltre residui di fango (Fig. 28) e di *glassine* incorporati alla gelatina (Fig. 29).



**Fig. 28**- Residui di fango su lato emulsione



**Fig. 29** - Residui glassine su lato emulsione e deformazioni del CTA



**Fig. 30** - Blocchi di materiale



**Fig. 31** - Negativi colore in buste di materiale plastico

<sup>7</sup> Le fibre sono state prelevate tramite bisturi e sono state depositate sopra un vetrino porta oggetto; al di sopra delle fibre è stata depositata una goccia di reattivo, dopodiché sono state osservate e fotografate al microscopio ottico AXIO Imager A1 Zeiss attrezzato con obiettivi da 5x a 50x e avente come sorgenti illuminanti una lampada alogena e UV HBO a vapori di mercurio.

La presenza di lignina farebbe assumere all'impasto fibroso una colorazione rosa intenso-vinaccia Sull'argomento si veda POLES, DELLA GIOVANNA, 1974

Le tensioni create fra le buste in *glassine* adese all'emulsione hanno avuto ripercussioni anche sul supporto in triacetato, creando deformazioni ed arrotolamento della pellicola. Il CTA, che ha una capacità igroscopica, seppur minima, ha dunque subito un doppio stress, quello dovuto alla permanenza prolungata in acqua e quella dovuta alla forza di emulsione in gelatina e *glassine* in fase di asciugatura.

Altro fenomeno di rilievo è stata la formazione di blocchi mattonati di materiale in cui i raccoglitori risultano adesi gli uni agli altri (Fig. 30). Per le buste di film plastici, che tendono a trattenere più a lungo l'umidità rispetto alle *glassine*, le deformazioni sono accompagnate dalla formazione di evidenti bolle d'aria (Fig. 31).

### 3.2 - Le Diapositive colore

Le diapositive colore presentano una casistica di danni molto simile a quella dei negativi colore, in quanto sono caratterizzate dalla medesima struttura. L'azione dell'acqua interessa lo strato immagine coinvolgendo i materiali cromogeni e la gelatina. Si evidenziano fenomeni di dilavamento fino alla perdita di informazione e deformazione del supporto (Figg. 32-33).



Fig. 30 - Blocchi di materiale



Fig. 31 - Negativi colore in buste di materiale plastico



Fig. 32 - Fenomeni di dilavamento e deformazione del supporto



Fig. 33 - Fenomeni di dilavamento e deformazione del supporto

Per quanto concerne le diapositive in telaio le condizioni conservative appaiono molto gravi. La presenza del telaio, infatti, ha costituito un punto di raccolta di acqua e di fango per cui il dilavamento assume una conformazione perimetrale, dai bordi al centro dell'immagine (Figg. 34-35). L'emulsione appare estremamente degradata con fenomeni di delocalizzazione dei colori e dilavamento (Figg. 36-37).



Fig. 34 - Recto di diapositiva in telaio



Fig. 35 - Verso di diapositiva in telaio

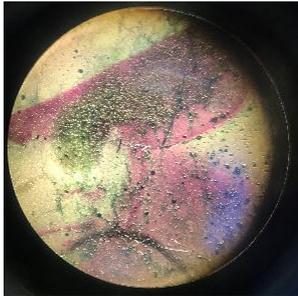


Fig. 36 - Fenomeni di degrado dell'emulsione



Fig. 37 - Fenomeni di degrado dell'emulsione

### 3.3 - I positivi: stampe monocrome alla gelatina al bromuro d'argento, stampe a sviluppo cromogeno e inkjet.

I positivi del fondo Dainelli si presentano nella stragrande maggioranza accorpati in blocchi, deformate e con residui di fango inglobati alla gelatina (Figg.38 - 39).



Fig. 38 - Stampe fotografiche adese in blocchi



Fig. 39 - Stampe fotografiche adese in blocchi

Sia le stampe monocrome alla gelatina al bromuro d'argento che le stampe a sviluppo cromogeno e inkjet sono caratterizzate da dilavamento e perdita di informazione dello strato immagine. Per le poche stampe che giungono sciolte, il supporto primario si presenta lacunare fino a mettere in evidenza lo strato di barite fortemente infragilito (Figg. 40 -41). Inoltre sul verso si può notare un trasferimento d'immagine, dovuta all'adesione dell'emulsione della fotografia sottostante (Figg. 42-43).



**Fig. 40** - Lacune dello strato immagine del supporto primario



**Fig. 41** - Lacune dello strato immagine del supporto secondario

Nel caso di fotografie conservate recto contro recto, gli strati emulsione a contatto risultano compattati e si registrano fenomeni di trasferimento d'immagine e mediazioni grafiche (Fig. 44).



**Fig. 42** - Fenomeni di trasferimento di immagine



**Fig. 43** - Fenomeni di trasferimento di immagine



**Fig. 44** - Fenomeno di trasferimento di mediazioni grafiche

## Bibliografia essenziale

- Adamo M., Cristofaro M. - *I raggi gamma*, in "Sulle fotografie danneggiate", Enea, Roma 2015, pp. 91-93.  
 Adamo M., Cesareo U., De Francesco M., Matè D., *Gamma radiation treatment for the recovery of photographic materials: Results achieved and prospects*, in *Kermes* n. 86, 2012, pp. 45-53.  
 Barcella C., *Les Olgas de Sigmar Polke*, Patrimoine, mémoire INP de fin d'études, Paris, 2008  
 Cartier Bresson A. (sous la direction de), *Le vocabulaire technique de la photographie*, Paris, Marval, 2008  
 Delia F., *La gestione delle emergenze*, in *Il restauro della fotografia*, Firenze, 2012, ed. Nardini, pp. 219-231  
 Furic G., *Les Hospices civils de Lyon a l'Exposition Internationale urbaine de 1914*, Tesi di laurea Mémoire Institut national du Patrimoine, Paris 2002  
 Image Permanence Institute, *A Consumer Guide to Traditional and Digital Print Stability*, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY, 2004

Pénichon S, *Twentieth Century Colour Photographs: The Complete Guide to Processes, Identification & Preservation*, Thames & Hudson, 2013

Poles G., Della Giovanna A., *Analisi microscopica delle fibre*, Torino, ATI CELCA, 1974

Residori L., *Fotografie: materiali fotografici, processi e tecniche, degradazione, analisi e diagnosi*, Padova, Il Prato, 2009

Wilhelm H., Brower C., *The permanence and care of color photographs: traditional and digital color prints, color negatives, slides, and motion pictures*, Grinnell, Preservation Publishing Company, 1993

Wilhelm Imaging Research, <http://www.wilhelm-research.com>

# Interventi di restauro post emergenza su materiale fotografico alluvionato: il caso studio Dainelli

Giulia Fraticelli

*Restauratrice privata di beni cartacei e fotografici*

## 1- Introduzione

Le calamità naturali hanno da sempre avuto un ruolo importante nello sviluppo delle idee e delle tecnologie per il recupero dei beni culturali. Le emergenze creano momenti di riflessione e di confronto tra esperti che condividono competenze al fine di recuperare i beni feriti. Negli ultimi anni, numerosi sono stati gli eventi per i quali è stata necessaria un'azione di emergenza anche per il materiale fotografico danneggiato da catastrofi naturali; il crollo dell'Archivio di Colonia (2009) e lo tsunami in Giappone (2011) sono stati tra i più recenti e significativi.

Esistono specifici indirizzi in tema di gestione delle fotografie in condizioni di emergenza, finalizzati a minimizzare il degrado dei materiali al momento della calamità [1, 2]<sup>1</sup>; meno affrontate sono, invece, le misure da adottare per il recupero del materiale una volta conclusa la fase emergenziale. Questa carenza è particolarmente evidente per i procedimenti a colori della fotografia contemporanea, ambito molto complesso e ancora poco esplorato dalla conservazione e dal restauro.

La maggior parte delle linee guida in caso di calamità su materiale fotografico raccomandano di effettuare il recupero e l'asciugatura entro 48-72 ore dal disastro; se questo non fosse possibile, il materiale dovrebbe essere congelato per guadagnare tempo e approntare, passata la fase emergenziale, specifiche misure di conservazione.

Il Fondo Dainelli presenta gravi danni dovuti alla permanenza prolungata in acqua e fango; quali misure adottare, quindi, qualora il materiale non sia stato immediatamente trattato o congelato? Per rispondere a tali interrogativi è nato il progetto Memoria Fotografica che prevede anche la ricerca e la messa a punto di metodologie per il recupero di materiale fotografico al fine di definire una procedura di intervento, in particolare, per la fotografia contemporanea.

Nello specifico del restauro sono state analizzate le principali criticità conservative quali la pulitura dei residui di fango da materiali estremamente indeboliti, il distacco della carta glassine dall'emulsione dei negativi 35 mm, la separazione di negativi monocromi compattati. Partendo da uno studio bibliografico di interventi simili, la sperimentazione si è indirizzata su metodi tradizionali e innovativi, quali l'utilizzo di idrogel chimici nanostrutturati, vapore freddo e fogli preconfezionati di gelatina; non si è, inoltre, tralasciata anche la valutazione di soluzioni storicamente adottate nel campo della produzione fotografica quali l'indurimento dell'emulsione tramite allume. Le analisi scientifiche, che hanno accompagnato le fasi di studio, hanno permesso di studiare i procedimenti fotografici degli ultimi decenni nel '900 ancora poco affrontati, verificando, allo stesso tempo, l'efficacia delle soluzioni adottate per il restauro.

Alla luce di tale studio sono state delineate alcune soluzioni e messe a punto strategie che potranno risultare utili nell'affrontare casi simili.

## 2 - Sperimentazione sui negativi colore in triacetato di cellulosa

### 2.1 - Pulitura lato supporto negativi colore

Il supporto dei negativi colore 35 mm è costituito da triacetato di cellulosa; la stratigrafia di tali materiali è molto complessa, come descritto nella sezione sullo stato di conservazione (paragrafo 2.2.2 - I negativi colore).

Sul lato supporto non è presente uno strato di gelatina anti-curl (Cfr Le indagini del laboratorio scientifico dell'Opificio delle Pietre Dure a supporto dell'intervento conservativo del Fondo Dainelli); per tale motivo questo lato del negativo non risulta adeso alla glassine come è spesso accaduto, invece, per il lato emulsione.

Sulla superficie sono, però, presenti residui di fango e depositi biancastri<sup>2</sup> coerenti alla superficie; allo scopo di ridurre il particolato presente sulla superficie è stata effettuata una pulitura del lato supporto.

---

<sup>1</sup> Ampia bibliografia esiste riguardo alle prime fasi di intervento emergenziale; tali risorse forniscono eccellenti informazioni su piani di emergenza e indicazioni sul trattamento di materiali fotografici colpiti da catastrofi. Vedi bibliografia essenziale

<sup>2</sup> La tipologia della maggior parte dei depositi è ipotizzabile in residui di limo. Sono presenti, però, anche depositi meno consistenti e biancastri forse dovuti a componenti solubili della carta *glassine*, o all'utilizzo di talco per l'asciugatura in fase emergenziale. Le analisi ATR-FTIR (Cfr Le indagini del laboratorio scientifico dell'Opificio delle Pietre Dure a supporto dell'intervento conservativo del Fondo Dainelli) hanno suggerito queste due possibili spiegazioni.

- Pulitura a secco con pennello a setole morbide per rimuovere il particolato incoerente.
- Pulitura ad umido per rimuovere i residui coerenti al supporto. Per asportare i residui più rilevanti è stato utilizzato un *cotton swab* inumidito in acqua demineralizzata, per poi proseguire con una pulitura generalizzata con un panno in microfibra, bianco, inumidito in acqua demineralizzata. Il panno evita di provocare abrasioni, seppur minime, su una superficie estremamente suscettibile quale il triacetato di cellulosa. La scelta di acqua come solvente è dovuta alla necessità di rimuovere del particolato di natura estremamente idrofila (Fig.1-4).

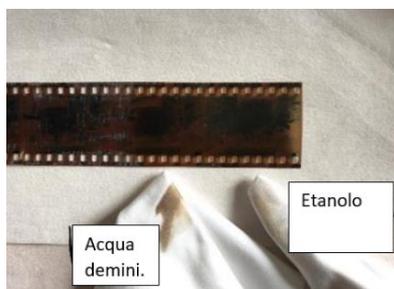


Fig. 1 - Prove di pulitura con solvente acquoso e alcolico



Fig. 2 - Negativo colore lato supporto pre prova di pulitura, foto in luce trasmessa.



Fig. 3 - Pulitura area inferiore sinistra, I passaggio, foto in luce trasmessa

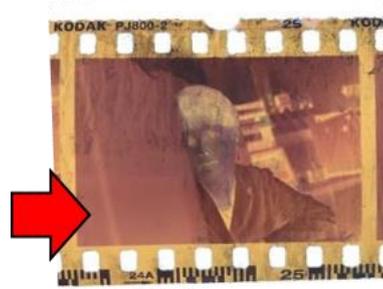


Fig. 4 - Pulitura area inferiore sinistra, II passaggio, foto in luce trasmessa

La pulitura ad umido è stata completata con l'asciugatura della superficie tramite panno in microfibra asciutto; tale precauzione è indicata per evitare la formazione di aloni altrimenti molto visibili su una superficie estremamente riflettente.

## 2.2 - Distacco glassine dai negativi colore 35 mm

L'adesione della glassine all'emulsione dei negativi è dovuta al bagnamento della gelatina e della carta e alla successiva asciugatura in tale condizione; l'essiccamento all'aria ha provocato un'adesione non uniforme della carta che si è deformata e asciugata lungo la direzione di fibra.

L'intervento di restauro mira all'umidificazione della glassine e dello strato di emulsione coinvolto, in modo da permettere l'ammorbidimento di quest'ultima e il distacco graduale della carta adesa. Si tratta di un'operazione complessa in cui è necessario trovare il giusto strumento e la corretta tempistica per ottenere un risultato soddisfacente minimizzando lo stress dovuto ad un nuovo bagnamento.

La validità dei metodi analizzati è stata valutata in termini di efficacia, quantità di residui di carta presenti dopo il distacco, tempo medio di intervento, costi. I metodi migliori sono quelli che permettono il distacco più graduale e completo possibile della carta; il numero ridotto di residui presenti dopo il distacco evita di dover intervenire con altri mezzi per l'asportazione di essi.

Di seguito si descrivono le opzioni di trattamento analizzate.

### 2.2.1 - Immersione in acqua demineralizzata

I bagni in solvente acquoso sono il metodo più utilizzato per la pulitura di depositi e il distacco di elementi adesi a materiale fotografico a seguito di bagnamento quale quello delle alluvioni<sup>3</sup>. Tale metodo, già am-

<sup>3</sup> Solo per citare gli interventi più recenti e significativi si rimanda agli articoli sul recupero del materiale danneggiato dal crollo dell'Archivio di Colonia (2009) e dallo Tsunami in Giappone (2011) citati in bibliografia essenziale.

piamente analizzato in altri interventi, è stato quindi adottato effettuando bagni di circa 10 minuti in acqua demineralizzata per poi procedere al distacco meccanico della carta e del particolato superficiale (Fig. 5).

I negativi, una volta concluse le fasi di pulitura, sono stati applicati verticalmente dal lato supporto ad un plexiglass posizionato obliquamente in modo da eliminare l'acqua in eccesso prima dello spianamento (Fig.6).



Fig. 5 - Distacco del negativo

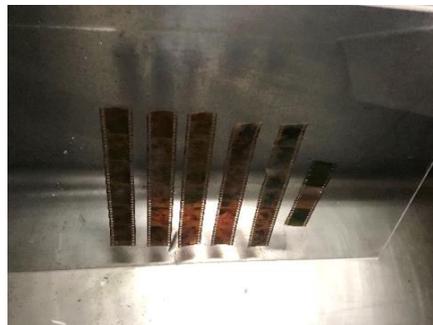


Fig. 6 - Applicazione verticale su plexiglass

**PRO:** efficacia, costo ridotto, velocità di esecuzione, possibilità di trattare simultaneamente il materiale.

**CONTRO:** bagnamento intenso che coinvolge tutto il materiale; per tale motivo non è consigliato per i negativi la cui emulsione risulta molto danneggiata

### 2.2.2 - Umidificazione in camera umida

È un metodo di umidificazione estremamente delicato e graduale; i tempi possono variare dalle 2 alle 4 ore e il trattamento coinvolge il materiale nella sua interezza (Fig.7). Spesso tale sistema, non interessando puntualmente la glassine, non ha sufficiente potere bagnante su essa e comporta che molti residui di glassine rimangano sull'emulsione una volta effettuato il distacco.

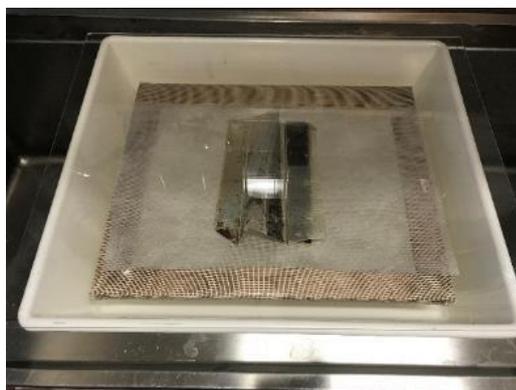


Fig. 7 - Negativo sistemato in camera umida

**PRO:** costo ridotto materiali, umidificazione graduale, visibile lato supporto

**CONTRO:** tempistica lunga, non del tutto efficace nel distacco della carta

### 2.2.3 - Umidificazione con tessuto in microfibra e carta assorbente umida

Questo sistema prevede un'umidificazione indiretta e limitata al lato della glassine ed emulsione; la carta assorbente inumidita non è a diretto contatto del pergaminio ma è interposto un panno in microfibra in modo da rendere l'umidificazione graduale. Il tutto è stato, poi, coperto con un plexiglass (Fig.8).

I tempi di applicazione sono medio/lunghi e non è un metodo sempre efficace nel distacco completo (residui di carta su emulsione).



**Fig. 8** - Carta assorbente inumidita, panno in microfibra, negativi adesi alla *glassine*, plexiglass

**PRO:** costo ridotto materiali, umidificazione graduale, visibile lato supporto

**CONTRO:** tempi medio/lunghi, non del tutto efficace nel distacco senza residui

#### 2.2.4 - Umidificazione tramite vapore freddo

L'umidificazione avviene tramite vapore freddo prodotto da un sistema ad ultrasuoni; il vapore è indirizzato sull'area di *glassine* da dover rimuovere, tenuta, in tal modo, costantemente sotto controllo dall'operatore (Fig.9).

I tempi necessari per un'umidificazione sufficiente sono di circa 5 minuti.



**Fig. 9** - Vaporizzazione con sistema ad ultrasuoni

**PRO:** costo iniziale dello strumento, tempi ridotti, controllo diretto

**CONTRO:** azione limitata all'area di azione dello strumento

#### 2.2.5 - Umidificazione con idrogel

Per tale metodo di distacco è stato utilizzato l'idrogel Peggy 6<sup>®4</sup>; questo idrogel ha un alto potere ritentivo nei confronti del solvente ed è estremamente plastico<sup>5</sup>.

Sono state eseguite prove di applicazione del gel caricato in acqua e in miscele idro-alcoliche a diverse percentuali (100%, 20:80, 50:50, 80:20, 100%) (Fig. 10), per tempi da 1 minuto a 5 minuti<sup>6</sup> (Fig. 11). Il gel non è stato coperto durante l'applicazione. I risultati più soddisfacenti sono stati ottenuti con gel veicolante solo acqua demineralizzata mantenuto per un tempo medio di 3 minuti. Il gel si adatta alla superficie anche senza applicare coperture o pesi (Fig. 12).

<sup>4</sup> Prodotto creato dal Consorzio per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase dell'Università di Firenze (CSGI-UNIFI). Si tratta di un idrogel chimico nanostrutturato.

<sup>5</sup> Sull'applicazione di idrogel nanostrutturati nel restauro della fotografia vedi Fraticelli, 2016

<sup>6</sup> Una volta estratto dal solvente il gel va asciugato tamponandolo su carta assorbente. Può essere riutilizzato dopo averlo sciacquato e mantenuto in acqua demineralizzata.



**Fig. 10** - Applicazione idrogel Peggy 6



**Fig. - 11** Distacco *glassine* dopo applicazione di 3 minuti



**Fig. 12** - Idrogel dopo l'applicazione

**PRO:** tempi ridotti, possibilità di miscela, adattabilità del gel alla superficie non planare, umidificazione omogenea, possibilità di applicazioni simultanee

**CONTRO:** costo medio/alto

A conclusione di questa parte sperimentale si può affermare che i metodi più efficaci per distaccare la carta *glassine* adesa all'emulsione sono l'immersione in acqua (solo per il materiale in cui l'emulsione appare in discreto stato di conservazione), l'utilizzo di idrogel o di vapore freddo. Interessanti e utili possono essere interventi che vedano l'uso sequenziale di più metodi, ad esempio un'iniziale e generale umidificazione con tessuto in microfibra e carta assorbente umida e il completamento, su aree localizzate, con vapore freddo.

### 2.3 - Pulitura dei residui di *glassine*

Una volta distaccata la *glassine* dall'emulsione, qualora si debba procedere alla rimozione dei residui di carta rimasti adesi alla superficie (Fig. 13), le tecniche esaminate sono state:

#### 1. Pennello in silicone

Efficace nel vincere la forza meccanica dei residui quando risultano ancora inumiditi dalla fase di distacco della *glassine*

#### 2. Cotton swab

Necessario veicolo localizzato di solvente sui residui; l'asportazione può poi avvenire con lo swab stesso o con il pennello in microfibra

#### 3. Panno in microfibra

Efficace per un passaggio più ampio quando ormai l'emulsione risulta asciutta

#### 4. **PU SPONGE**<sup>7</sup> inumidita in soluzione<sup>7</sup> idro-alcolica<sup>8</sup>[3].

Eccellente veicolo di umidità in modo estremamente controllato; possibilità di esercitare azione meccanica per vincere forza di adesione dei residui.



**Fig. 13** - Residui di carta sull'emulsione dopo il distacco della *glassine*

<sup>7</sup> Le soluzioni si intendono come miscele di solventi con concentrazione percentuale volume/volume.

<sup>8</sup> La *PU sponge* appartiene alla categoria delle *make up sponges* a base di etere di poliuretano ed è esente da lattice. Si caratterizza per un'ottima flessibilità e morbidezza che le consente di adattarsi alle eventuali irregolarità superficiali. Non ha caratteristiche abrasive e presenta anche un'ottima capacità di ritenzione dei liquidi, in questo caso di soluzioni acquose o idroalcoliche. Il materiale è già studiato e testato durante ricerche a livello internazionale, in tesi e lavori su opere d'arte contemporanea come il restauro del Memoriale italiano di Auschwitz (2017-2019). Si tratta di materiali prodotti industrialmente che possono contenere e rilasciare additivi plastificanti, conservanti e antiossidanti; si consiglia, quindi, di sottoporre la spugna a cicli di lavaggio in acqua demineralizzata prima dell'utilizzo. Al momento sono commercializzate dalla ditta tedesca *Deffner&Johann* per i prodotti per il restauro. Vedi Millacci, E. – tesi OPD 2017, pag 93-94

## 2.4 - Pulitura dei residui di fango

I residui presenti sui fototipi sono di natura per lo più silicatica (Cfr Le indagini del laboratorio scientifico dell'Opificio delle Pietre Dure a supporto dell'intervento conservativo del Fondo Dainelli) e idrosolubile.

Appurata la natura idrofila della materia superficiale da rimuovere, sono stati effettuati test di solubilizzazione con solventi diversi<sup>9</sup> (Fig. 14 - 15 -16 ); le prove hanno confermato che l'azione più efficace e veloce è espletata dall'acqua. Pur sapendo che alcuni dei materiali costitutivi dei fototipi sono affini all'acqua, si è scelto comunque tale solvente quale solvente principale per la rimozione del particolato. L'efficacia e l'innocuità della pulitura ad umido dipendono da una buona pulitura a secco e se si effettuano interventi ad umido rapidi e circoscritti.



Fig. 14-16 - Prove di solubilità con diverse soluzioni di solventi

Di seguito si descrivono le opzioni di trattamento analizzate.

### Cotton swab

Veicolo localizzato di solvente sui residui; l'asportazione può poi avvenire con il tampone stesso o con il pennello in microfibra. Efficace là dove siano presenti residui rilevanti. Non indicato per una pulitura generalizzata.

### Panno in microfibra

Efficace per un passaggio più ampio quando ormai l'emulsione risulta asciutta. L'azione meccanica deve essere esercitata tamponando la superficie.

### PU SPONGE®

Eccellente veicolo di umidità in modo estremamente controllato; tale strumento permette di esercitare un'azione meccanica molto delicata ma sufficiente per vincere la forza di adesione dei residui. L'azione meccanica deve essere esercitata tamponando la superficie (Fig. 17 - 18).



Fig. 17 - Pulitura del particolato con PU SPONGE® e acqua demineralizzata



Fig. 18 - Fotogramma dopo la pulitura

<sup>9</sup> Sono state effettuate prove con miscele idro-alcoliche a percentuali diverse, nonché con solventi meno polari quali il DMC e il DEC (solventi "green")

## 2.5 - Asciugatura e spianamento

Una volta staccata la carta glassine e rimossi gli eventuali residui i fototipi sono stati collocati sotto peso/prensa tra TNT bondina, carta assorbente, cartoncini.

È consigliabile collocare i negativi sotto peso non appena effettuato il distacco della glassine e la pulitura dei residui presenti; in tal modo si riduce lo stress sui materiali che potrebbe verificarsi nel caso di un'ulteriore asciugatura e umidificazione per effettuare lo spianamento.

## 2.6 - Applicazione coating in gelatina

L'adesione della glassine all'emulsione ha comportato importanti modifiche della texture dell'emulsione con parziali perdite in densità di riflettanza superficiale; tale modifica di valore di glossy appare in forma di striature che ricalcano le aree di adesione della carta<sup>10</sup> (Cfr I danni dell'acqua su un archivio fotografico contemporaneo: lo stato di conservazione dell'archivio Dainelli, paragrafo.2.2.2).

Trattandosi di negativi fotografici il danno si ripercuoterebbe anche sulla qualità dell'immagine positiva derivata. Per verificare ciò, sono state effettuate prove di acquisizione digitale<sup>11</sup> dalle quali si evidenzia come la modifica si rifletta a livello di fruizione dell'immagine con una perdita di densità nelle aree colpite (Fig. 19 - 21). La trasposizione in positivo in scala di grigi sottolinea il problema (Fig. 23). Una digitalizzazione è stata eseguita "sotto liquido" per cercare di uniformare la superficie tramite tale tecnica (Fig. 20 - 22). Il metodo ha sicuramente prodotto immagini di qualità migliore rispetto all'acquisizione senza liquido, ma la problematica del mutamento superficiale è rimasta evidente.



Fig. 19 - Acquisizione digitale

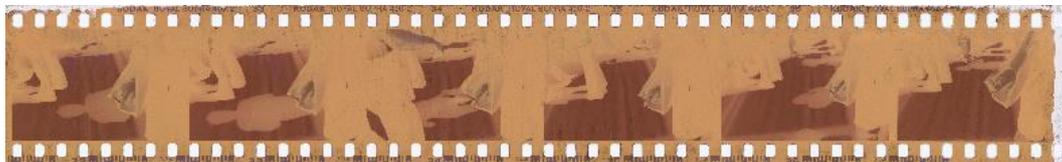


Fig. 20 - Acquisizione digitale "sotto liquido"



Fig. 21 - Acquisizione digitale



Fig. 22 - Acquisizione digitale sotto liquido



Fig. 23 - Immagine convertita digitalmente in positivo in scala di grigi

Si è deciso, quindi, di effettuare prove di applicazione di gelatina fotografica per recuperare e rendere più omogeneo il valore di riflettanza tra le zone danneggiate e quelle integre.

Sono state eseguite prove con gelatina a diverse percentuali (2%-3%-4%) in soluzione acquosa; l'applicazione è stata effettuata con modalità differenti.

<sup>10</sup> L'adesione del pergamino ha causato una modifica del valore di brillantezza; una superficie liscia e regolare riflette la luce comportando un alto valore di riflettività e di brillantezza, mentre, diversamente, una superficie rugosa e non uniforme può scatterare la luce e apparire opaca. Nel caso delle parti di gelatine su cui ha aderito la carta si crea un aumento della rugosità della superficie della gelatina, la quantità di luce diffusa e "intrappolata" aumenta e la trasparenza diminuisce.

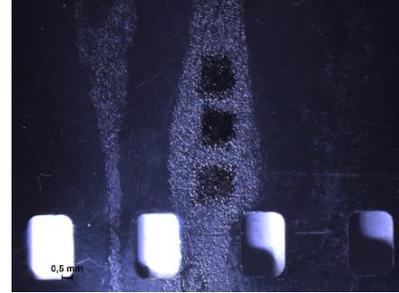
<sup>11</sup> Scanner EPSON V 850, eseguita a 3000dpi in TIFF a 24 bit

### 2.6.1 - A pennello

Tale soluzione permette di applicare la gelatina in forma liquida (Fig. 24). Sono state eseguite da una a tre applicazioni con gelatina al 2% e al 4% (lasciando asciugare la gelatina tra un'applicazione e l'altra). A livello visivo si osserva un recupero della riflettanza rispetto alle zone adiacenti, miglioramento evidenziato anche dalle fotografie allo stereomicroscopio (Fig. 25).



**Fig. 24** - Applicazione su coda nera non impressionata danneggiata



**Fig. 25** - Confronto applicazioni a diverse percentuali. (Stereomicroscopio, 7,8X)

### 2.6.2 - Negativo su gelatina solubilizzata su vetro tiepido

La gelatina è stata solubilizzata su vetro tiepido; su tale soluzione è stato poi appoggiato il negativo dal lato dell'emulsione e rimosso dopo qualche secondo. L'asciugatura è poi avvenuta all'aria. Tale metodo non assicura, però, una distribuzione omogenea della gelatina.

### 2.6.3 - Riattivazione di film preconfezionati di gelatina

Sono stati creati film di gelatina al 2%,3%,4%<sup>12</sup> (Fig.26). L'applicazione deve avvenire sull'emulsione umida, il rigonfiamento di questa permette infatti al foglio preconfezionato di gelatina di tornare parzialmente in forma gel e di aderire alla superficie del negativo. Sono state effettuati test umidificando con vapore o con idrogel la porzione di emulsione scelta o procedendo all'adesione subito dopo il distacco della glassine. Per far ben aderire le due superfici è stata poi esercitata pressione tramite una stecca in teflon, interponendo un foglio in silicone. Uno spessore ridotto del film di gelatina è necessario per evitare il distacco di esso a seguito dell'asciugatura.



**Fig. 26** - Foglio gelatina



**Fig. 27** - Parziale distacco del foglio di gelatina

Un altro metodo di riattivazione del foglio di gelatina è stata l'umidificazione indiretta tramite membrana in Goretex® e carta assorbente umida. In tal caso il foglio è stato posizionato sull'emulsione asciutta, mentre l'umidità necessaria alla riattivazione del foglio è stata trasmessa gradualmente da una membrana in Goretex con al di sopra una carta assorbente umida. Un foglio di polietilentereftalato ed un piccolo peso sono stati posizionati a copertura; il tempo di riattivazione è stato di circa 10 minuti.

La problematica dell'utilizzo di fogli preconfezionati di gelatina è la difficoltà di compenetrazione di questi con la superficie dell'emulsione danneggiata che presenta micro interstizi dovuti alla scabrosità della superficie modificata dalla glassine. A livello visivo appaiono, quindi, come piccole bolle sottostanti il film di gelatina rendendo il risultato non soddisfacente.

<sup>12</sup> La gelatine è stata stesa a pennello su fogli in silicone e su fogli di polietilentereftalato; la distribuzione della gelatina su tali superfici risponde diversamente creandosi film di spessori diversi: il silicone tende a rigettare la soluzione liquida mentre sul foglio in polietilentereftalato la stesura avviene più facilmente e si possono ottenere film più sottili.

### 2.6.4 - Verifica del valore di gloss

Per verificare quello che ad una valutazione occhiometrica è evidente, ovvero la perdita del valore di gloss su alcune aree, con IFAC-CNR sono iniziate prove di messa a punto di un metodo analitico strumentale per misurare tale valore su aree molto piccole (Fig.28); il glossmetro, strumento solitamente usato a tale scopo, ha infatti una superficie di misura troppo ampia.

L'applicazione di gelatina, secondo le misurazioni effettuate, riporterebbe a valori simili di riflettanza delle zone danneggiate dall'adesione della carta vicino a quello delle aree che non hanno subito questo danno.

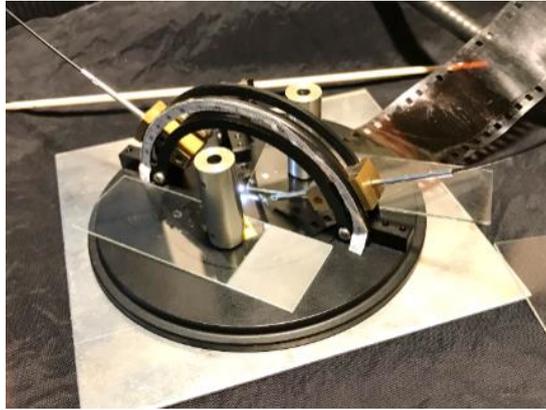


Fig. 28 - Prove di misurazione dell'indice di riflettanza su negativo colore 35 mm

## 3 - Sperimentazione di restauro su negativi monocromi

### 3.1 - Pulitura del lato supporto dei negativi monocromi conservati in contenitori plastici

Il supporto dei negativi monocromo 35 mm è costituito da triacetato di cellulosa e presenta un overcoat di gelatina come anti-curl. Questo strato, estremamente indebolito dalla permanenza in condizioni di bagnamento prolungato, risulta ormai lacunoso sulle pellicole conservate all'interno di contenitori in plastica (Cfr I danni dell'acqua su un archivio fotografico contemporaneo: lo stato di conservazione dell'archivio Dainelli, paragrafo 2.1.1). I residui di fango sono adesi alla gelatina che, bagnata, ha incorporato tale materiale; la rimozione dei depositi tramite solvente acquoso o idro-alcolico comporterebbe anche la rimozione della gelatina dell'anti-curl.

La perdita di funzionalità di tale strato ormai lacunoso, e soprattutto il miglioramento della leggibilità dovuto alla rimozione dei depositi su uno dei due lati della pellicola ha fatto propendere per la decisione di effettuare una pulitura completa di tale strato (Fig.29).

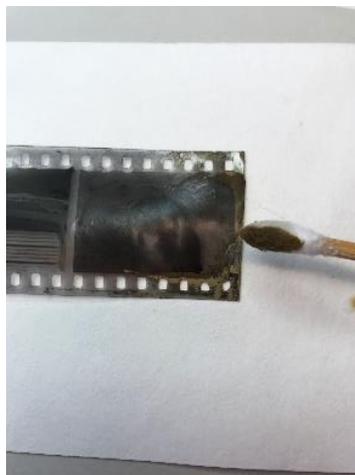


Fig. 29 - Rimozione dei depositi di fango sul lato supporto

### **3.2 - Intervento sui negativi monocromi conservati in buste di materiale plastico**

La maggior parte del materiale negativo monocromo è conservata in buste di materiale plastico, per tale motivo non risulta adeso al materiale di conservazione dal quale si estrae con facilità.

La problematica conservativa principale, in tal caso, è l'estrema debolezza dell'emulsione dovuta al bagnamento prolungato. La conservazione all'interno di materiali non traspiranti, infatti, ha comportato un'evaporazione molto lenta dell'umidità e un degrado idrolitico della gelatina. La difficoltà d'intervento è dovuta, quindi, al materiale costitutivo fortemente indebolito che risulta estremamente sensibile al contatto con solventi acquosi; la pulitura del lato emulsione è assai difficoltosa, se non proibitiva a causa dell'indebolimento intrinseco dei legami peptidici della gelatina.

In tal caso fase fondamentale, prima di qualsiasi operazione ad umido, è la pulitura dei residui macroscopici a secco in modo da ridurre il particolato superficiale.

### **3.3 - Pulitura ad umido dei residui dai negativi monocromi conservati in buste di materiale plastico**

Sono state effettuate prove di pulitura con i seguenti mezzi:

#### **3.3.1 - Bagni in miscele idro-alcoliche a diverse percentuali**

L'emulsione molto indebolita non permette se non una debole pulitura a pennello in soluzione idro-alcolica, con tempi di immersione non superiori a 5 minuti. È stata prevista l'ultima immersione in etanolo per velocizzare l'asciugatura dell'emulsione.

#### **3.3.2 - Applicazione localizzata di idrogel<sup>13</sup>**

Il gel, consentendo l'applicazione localizzata di solvente, risulta essere un buon mezzo per agire su depositi consistenti di materiale fangoso senza ricorrere ai bagni di lavaggio. È comunque necessario effettuare un'azione meccanica di rimozione del particolato, operazione molto difficoltosa perché si rischia di asportare anche la gelatina.

#### **3.3.3 - Bagni indurenti in soluzione satura di allume e lavaggio in soluzione idro-alcoliche**

Partendo da indicazioni bibliografiche, anche di ricettari storici, sono state effettuati bagni in soluzione satura di allume di potassio per cercare di "indurire" la gelatina<sup>14</sup>. Il negativo è stato mantenuto per un tempo massimo di 10 minuti nella soluzione di allume, per poi essere spostato in un bagno di soluzione idro-alcolica (50:50) in cui si è effettuata la pulitura meccanica con pennello a setole morbide (Fig.30). Anche in questo caso è stato effettuato l'ultimo passaggio in etanolo per velocizzare l'asciugatura dell'emulsione.

Tale metodo, al momento, è risultato il più efficace per rendere la gelatina che presenta ancora il dato immagine resistente ad una delicata pulitura a pennello.



**Fig. 30** - Pulitura con pennello a setole morbide in soluzione idro-alcolica

<sup>13</sup> È stato utilizzato l'idrogel chimico nanostrutturato *Peggy 6*®

<sup>14</sup> La formaldeide, anch'essa indicata come indurente, è stata esclusa a causa della tossicità ormai nota.

### 3.4 - Separazione e pulitura di negativi monocromi compattati in blocco

In alcuni casi il materiale si presenta compattato all'interno di blocchi composti da negativi, carta di conservazione, fango (Fig. 31). Le operazioni prevedono un primo intervento meccanico, volto ad eliminare le porzioni macroscopiche di fango e a separare, per quanto possibile, il materiale compattato (Fig.32). Una volta separati i negativi possono presentarsi all'interno di glassine, in buste in carta gialla, o compattati tra loro senza materiale interposto.



Fig. 31 - Materiale compattato



Fig. 32 - Separazione meccanica del materiale

Notevole è stata la migrazione di colorante rosa (strato anti-halo) dai negativi monocromi alla carta nei quali erano conservati (Cfr I danni dell'acqua su un archivio fotografico contemporaneo: lo stato di conservazione dell'archivio Dainelli, paragrafo 2.1.1).

Per l'intervento sui negativi adesi alla carta pergamina si procede come per i negativi colore con la stessa problematica.

Nei casi in cui si tratti di blocchi compatti di negativi la gelatina dell'emulsione non risulta degradata quanto quella dei negativi monocromi conservati in busta di plastica: è, quindi, possibile effettuare immersioni prolungate in solvente, così da permettere il rigonfiamento dell'emulsione e il graduale distacco di ciascun negativo dal blocco compatto.

Per il distacco dei negativi compattati si è scelto di procedere con l'immersione in bagni idro-alcolici a diverse percentuali (Fig. 33):

- 1 Immersione in acqua fredda per circa un'ora: la gelatina rigonfia e permettere il distacco graduale di ciascuna striscia con l'aiuto della stecca di Teflon (Fig. 34 - 35).
- 2 Immersione in soluzione idro-alcolica 50:50/70:30/80:20 e pulitura a pennello dei residui di fango
- 3 Veloce immersione in etanolo (per rendere più rapida l'asciugatura) e per non disciogliere lo strato anti-halo.



Fig.33 - Bagni idro-alcolici



Fig. 34 - Distacco negativi compattati

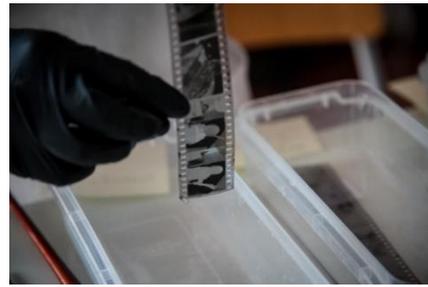


Fig. 35 - Distacco negativi compattati

#### 3.3.1 Spianamento

Una volta staccata effettuate le operazioni ad umido i fototipi sono stati collocati sotto peso tra TNT bondina, carta assorbente e cartoncini fino a completa asciugatura.

## 4 - Conclusioni

Molte informazioni sul materiale costitutivo e sui processi di degrado possono essere compresi e studiati tramite esperienze come i disastri naturali. La materia fotografica messa a nudo ha permesso, anche in questo caso, di approfondire la conoscenza di procedimenti spesso coperti da brevetto industriale come quelli moderni

a colori. Partendo da una preliminare indagine conoscitiva, si sono affrontate le maggiori criticità conservative sfruttando metodi innovativi ma non sottovalutando conoscenze storicamente acquisite nel campo della produzione fotografica. E' stato un progetto di sperimentazione e ricerca le cui conclusioni sono state per lo più basate sull'osservazione delle reazioni ai trattamenti effettuati e sulle condizioni conservative dei materiali dopo i trattamenti. I risultati di tale studio non possono essere considerati quali protocollo di trattamento ma come un confronto tra diversi metodi di intervento con considerazioni sui trattamenti che sono stati ritenuti più soddisfacenti e a cui potersi rifare in casi simili. Le informazioni acquisite possono così aggiungersi a quelle acquisite finora in materia di restauro di materiale fotografico colpito da calamità; tali dati, infatti, costituiscono solo un punto di partenza per ulteriori approfondimenti e la messa a punto di procedure di intervento sempre migliori.

## Ringraziamenti

Si ringraziano Daniele Dainelli, IFAC-CNR, ITINERA, Barbara Cattaneo (OPD), Andrea Cagnini (OPD), Giancarlo Lanterna (OPD), Isetta Tosini (OPD), Emanuela Sesti (Fondazione Fratelli Alinari), Rodorico Giorgi (CSGI), Laura Messina, Simona Cicala (SABAP-BA).

## Riferimenti bibliografici

- [1] Image Permanence Institute - A Consumer Guide for the Recovery of Water-Damaged Traditional and Digital Prints. Rochester: Image Permanence institute, 2007. Disponibile su:  
[http://www.imagepermanenceinstitute.org/consumerguide\\_waterdamage.pdf](http://www.imagepermanenceinstitute.org/consumerguide_waterdamage.pdf)
- [2] Norris, D. H. - *Disaster recovery: salvaging photograph collections*. Philadelphia: Conservation Center for Art and Historic Artifacts, 1998
- [3] Millacci E. - *Memoriale italiano di Auschwitz: storia della realizzazione e criteri del progetto conservativo. Intervento di restauro di una porzione dell'installazione artistica*, tesi SAFS Opificio delle Pietre Dure A.A. 2015 - 2016

## Bibliografia essenziale

- AIC WIKI. *PMG Emergency Response, Salvage, and Recovery Techniques*. Disponibile su:  
[http://www.conservation-wiki.com/wiki/PMG\\_Emergency\\_Response,\\_Salvage,\\_and\\_Recovery\\_Techniques](http://www.conservation-wiki.com/wiki/PMG_Emergency_Response,_Salvage,_and_Recovery_Techniques)
- Albright G. - *Flood Aftermath: The Preservation of Water-Damaged Photographs*. Topics in Photographic Preservation, 1989, Vol. 3.
- Barcella C., *Les Olgas de Sigmar Polke*, memoire INP de fin d'études, Paris, 2008
- Baruki S. - *Consolidation of mould and water damaged silver gelatin photographic prints: consolidant application using a nebulizer*, ICOM-CC photographic records working group newsletter, 2003, p. 4-11.
- CENTRE DE CONSERVATION QUEBEC. *L'entreposage à très basse température des documents photographiques : la congélation des négatifs sur support souple*. Centre de conservation Québec, 2011
- CENTRE DE CONSERVATION QUEBEC. *L'entreposage à très basse température des documents photographiques : la congélation des négatifs sur support souple - L'entreposage à très basse température des documents photographiques : la méthode CMI adaptée aux congélateurs domestiques. - L'entreposage à très basse température des documents photographiques : les étapes de la méthode CMI en images*. Québec : Centre de conservation Québec, 2012. [http://www.ccq.gouv.qc.ca/fileadmin/images/img\\_centre-ress/caps\\_arch/Entrepos\\_doc\\_inst.pdf](http://www.ccq.gouv.qc.ca/fileadmin/images/img_centre-ress/caps_arch/Entrepos_doc_inst.pdf)
- Chipman A. - *Separate but Equal: Testing Treatment Techniques to Separate Water-Damaged Blocked Film-Based Negatives from the Henry Clay Anderson Collection of the Smithsonian National Museum of African-American History and Culture*, Topics in Photographic Preservation, 2013, Vol. 15.
- Derby D. - *Singing the Blues: the Treatment of Water-Damaged Negatives*. Topics in Photographic Preservation, 1993, Vol. 5.
- Frank M.L. - *Deformed, torn, degraded: Conservation, housing and storage of heavily damaged photographs in the collections of the City Archives of Cologne*.
- Fraticelli G. - *La fotografia e il lavoro d'artista: stampe all'albumina e alla gelatina dal Fondo Viligiardi delle Raccolte Museali Fratelli Alinari. Intervento di restauro e sperimentazione sull'utilizzo di idrogel*, tesi SAFS Opificio delle Pietre Dure A.A. 2015 - 2016
- Gillet M., Garnier C. - *The Use of Microwaves for Drying Flood-Damaged Photographic Materials* - Topics in Photographic Preservation, 1989, Vol. 3.
- Gioppi L. - *Dizionario fotografico ad uso dei dilettanti e professionisti*. Hoepli, Milano, 1892
- Gubby S., McCarthy J. - *Surfactant use in the salvage of housed water-damaged black and white silver gelatin photographs*, in *15th triennial conference, New Delhi, 22-26 September 2008*
- Hendricks K., Lesser B. - *Disaster Preparedness and Recovery: Photographic Materials*. American Archivist, 1983, Vol. 46, n° 1.

Library of Congress - *What To Do If Collections Get Wet*. Washington: Library of Congress.

<http://www.loc.gov/preservation/emergprep/dry.html>

Muffone G. – *Come il sole dipinge, Fotografia per i dilettanti*, Hoepli, Milano, 1925

Namias R. – *Manuale teorico pratico di chimica fotografica*. Il progresso Fotografico, Milano, 1904

Quintric G. - *Les images modèles de Christian Boltanski, recherche de traitements de conservation restauration sur les photographies couleurs à développement chromogène :étude de la réactivité des colorants azométhiniques aux solvants, mémoire*, mémoire INP de fin d'études, 2005

Sassi L. – *Ricettario Fotografico*, Hoepli, Milano, 1908

Shiraiwa Y., *Rescuing tsunami-damaged photographs in Japan*, Journal of the Institute of Conservation, 36:2, 195-203, 2013



# Le indagini del Laboratorio Scientifico dell'Opificio delle Pietre Dure

Andrea Cagnini, Giancarlo Lanterna, Isetta Tosini

*Opificio delle Pietre Dure Laboratorio Scientifico*

## 1 - Introduzione

Le indagini del laboratorio scientifico dell'Opificio delle Pietre Dure si sono focalizzate su diversi punti, il primo dei quali è la caratterizzazione dei materiali costitutivi delle pellicole con lo scopo di individuare le diverse tipologie e lo studio dell'alterazioni provocate dall'evento alluvionale sulle pellicole, vale a dire le alterazioni dei materiali costitutivi e la caratterizzazione dei materiali di deposito. Un altro aspetto importante è stato la ricerca della presenza di eventuali attacchi biologici; infine sono state effettuate indagini finalizzate a verificare l'efficacia dell'intervento di pulitura, ma soprattutto a verificare l'idoneità della modalità di pulitura che deve avere lo scopo di rimuovere il materiale estraneo lasciando inalterati i materiali costitutivi.

Per quanto riguarda le tecniche di indagine utilizzate, sono state applicate tecniche analitiche strumentali in cui è stato necessario prelevare campioni di dimensioni molto ridotte.

Tra le prime è sicuramente annoverabile la Spettrofotometria Infrarossa in Trasformata di Fourier (FTIR) [1,2] nella modalità ATR (Attenuated Total Reflection) [3]. Per le indagini riportate è stato utilizzato un banco ottico THERMO "IS50"<sup>TM</sup> (software "OMNIC"<sup>TM</sup> v. 9.0) con il modulo interno ATR.

La tecnica analitica è in grado di dare informazioni sia di tipo molecolare che cristallino, ovvero sulla tipologia dei composti chimici e delle fasi minerali presenti; a tale riguardo ciascun campione prelevato in modo selettivo, viene leggermente pressato a diretto contatto con un elemento sensibile che registra uno spettro della porzione superficiale del campione stesso. Nel caso delle pellicole fotografiche e di altri materiali laminari è possibile operare in maniera non invasiva pressando direttamente una parte di pellicola nel modulo ATR avendo come unica alterazione visibile una leggera impronta dell'elemento sensibile.

Le informazioni stratigrafiche sulla struttura dei negativi necessitano di un micro-prelievo (di dimensioni circa 2 x 2 mm) da inglobare in resina poliestere secondo il metodo delle *cross-sections* per l'osservazione al microscopio ottico; quest'ultimo è un microscopio Zeiss "Axioplan" (attrezzato con obiettivi da 5 a 50 ingrandimenti, con illuminazione in luce alogena diffusa ed in ultravioletto con LED di lunghezza d'onda di 360 nm).

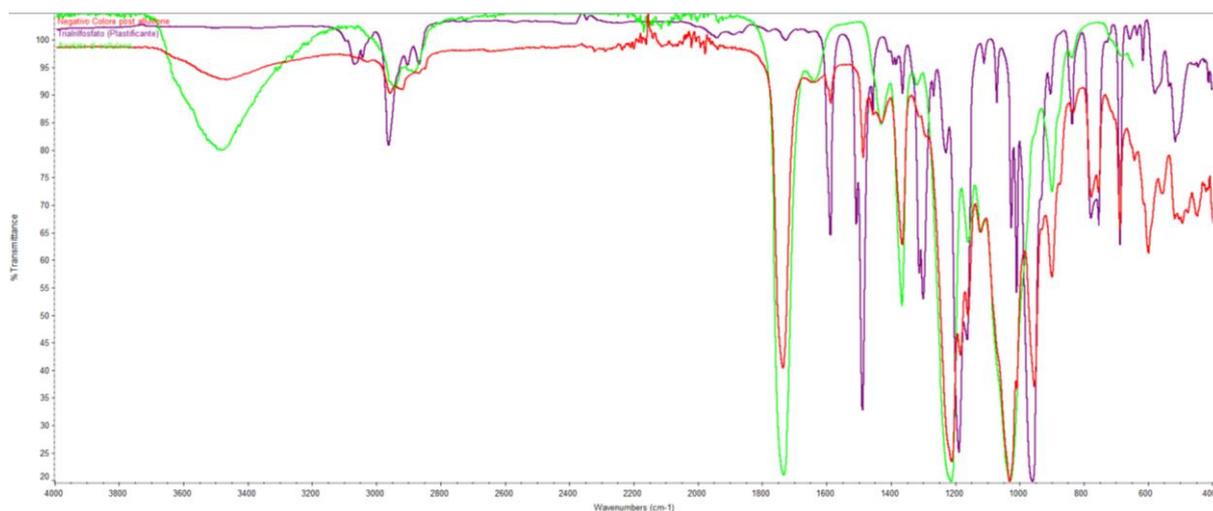
L'analisi al Microscopio Elettronico a Scansione con microsonda (SEM/EDS), impiegando lo strumento "EVO ® MA 25" di Zeiss, dopo aver preparato appositamente le sezioni montandole con adesivo conduttivo su stub di alluminio del diametro di 13 mm, quindi opportunamente rese conduttive con uno Sputter a grafite (spessore della metallizzazione circa 200 nm). Lo studio stratigrafico e morfologico delle fasi è stato eseguito mediante l'osservazione con detector ad elettroni retrodiffusi (QBSD). L'analisi degli elementi è stata eseguita successivamente con una sonda EDS SSD "X-MAX" 80 mm<sup>2</sup> di Oxford Instruments sulle stesse *cross-sections*, sia in forma puntuale (spot), sia su aree definite della superficie delle sezioni che come mappe di distribuzione degli elementi, utilizzando il software "AZTEC® 2.0" di Oxford.

Questo percorso analitico permette di comprendere la struttura dei materiali stratificati completa delle informazioni di tipo elementale [3].

## 2 - Caratterizzazione dei materiali costitutivi

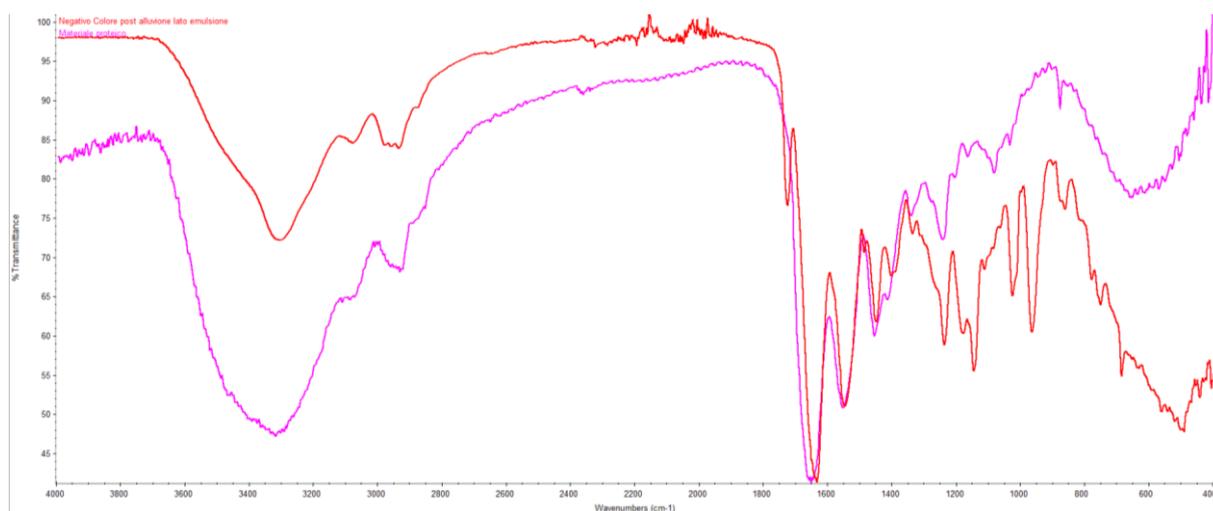
Generalmente, i negativi sono costituiti da un supporto di acetato di cellulosa, miscelato con un apposito plastificante che gli conferisce adeguate proprietà meccaniche. Su un lato viene quindi stesa l'emulsione fotografica che secondo la tipologia (negativo bianco e nero o a colori) presenta diverse composizioni stratigrafiche [4].

Per caratterizzare i materiali dei negativi a colori, in zone che apparivano prive di depositi e di alterazioni evidenti sono state effettuate analisi FTIR/ATR, sia dalla parte dell'emulsione che dalla parte del supporto.



**Fig. 1** Spettri FTIR ottenuti mediante ATR del negativo colore alluvionato, in zona priva di deposito e senza alterazioni visibili, dal lato del supporto. In rosso lo spettro del negativo, in verde lo spettro di riferimento del triacetato di cellulosa e in viola lo spettro di riferimento del Trifenilfosfato.

Lo spettro ottenuto (Fig. 1) mostra le bande di assorbimento caratteristiche del supporto fotografico, cioè del triacetato di cellulosa (CTA), e del trifenilfosfato (TPP), vale a dire il plastificante della pellicola. Lo spettro ottenuto nelle stesse modalità, ma dalla parte dell'emulsione (Fig. 2), mostra invece i segnali caratteristici di un materiale proteico, identificabile con la gelatina.

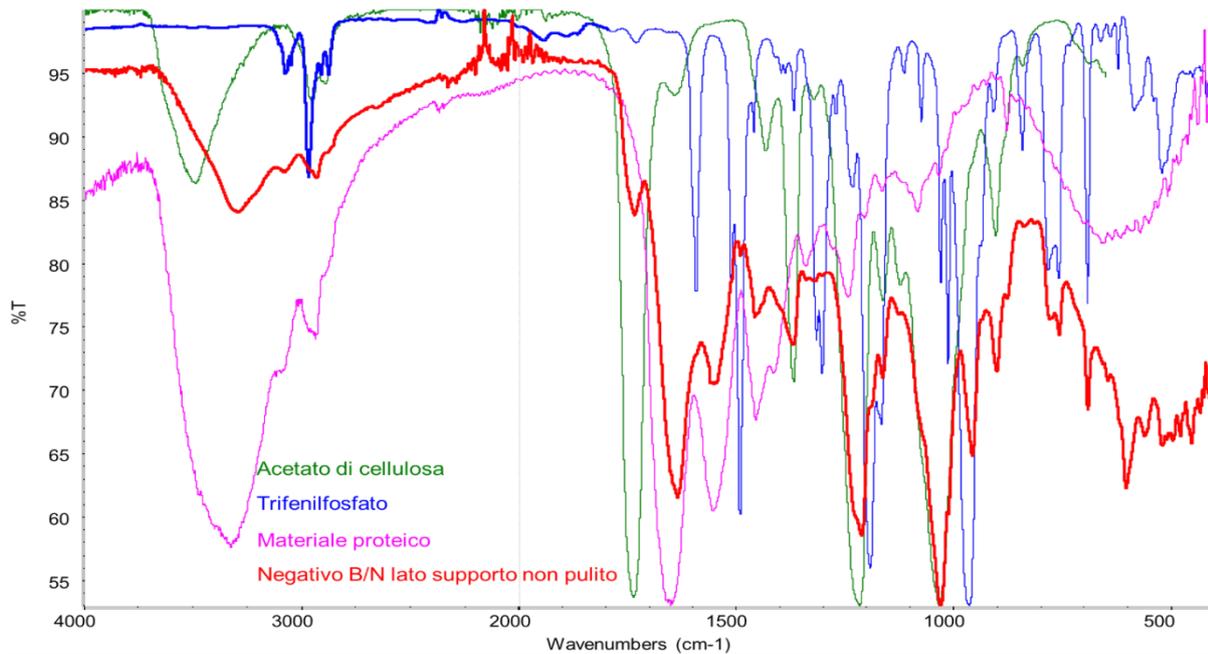


**Fig. 2** Spettri FTIR ottenuti mediante ATR del negativo colore alluvionato, in zona priva di deposito e senza alterazioni visibili, dal lato del supporto. In rosso lo spettro del negativo, in viola lo spettro di riferimento di un materiale proteico collagenico.

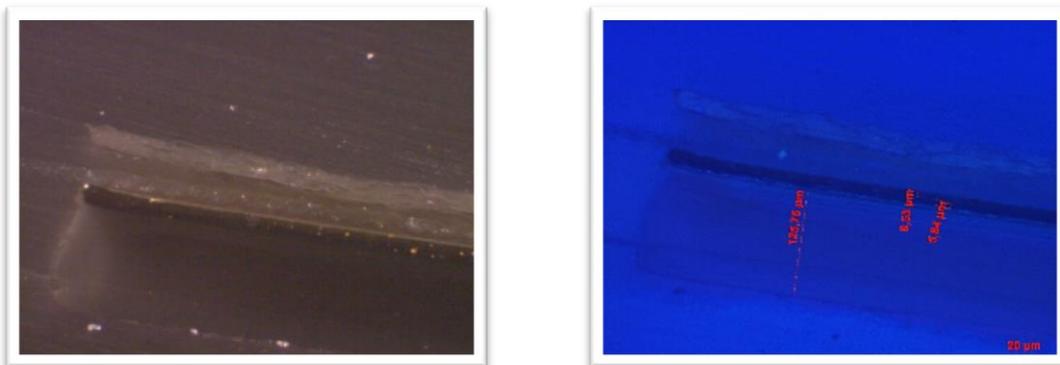
Per quanto riguarda il negativo in bianco e nero, è stata effettuata una analisi del solo lato supporto. Nello spettro, Fig. 3, oltre alle bande relative al supporto, CAT, e del plastificante, TPP, sono presenti gli assorbimenti di un materiale proteico di natura collagenica, sebbene meno accentuati rispetto allo spettro di Fig. 2. Tali segnali sono da ascrivere alla presenza di uno strato *anticurl* (anti arricciamento) che risulta assente invece nei negativi a colori.

Per studiare la struttura stratigrafica delle pellicole sono stati prelevati due microframmenti di negativi, uno proveniente dalle pellicole colore e uno dalle pellicole B/N, che sono stati inglobati in resina secondo il metodo delle cross sections. Le sezioni sono state osservate prima al microscopio ottico e quindi al SEM: i negativi B/N (Fig. 4) hanno messo in evidenza la presenza del supporto e della gelatina. L'analisi elementare (Fig. 5) ha permesso di osservare anche la presenza dell'argento.

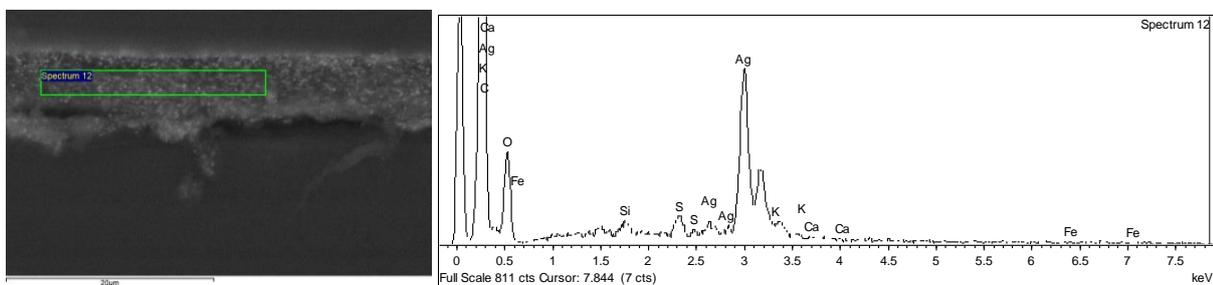
La struttura dei negativi colore appare più complessa (Fig. 6): si evidenziano, oltre al supporto, una numerosa successione di strati di emulsione dei tre colori fondamentali intervallati da altri strati filtranti di protezione. Sulla superficie si osservano materiali di deposito, sia nel caso dei negativi B/N che nel caso dei negativi colore; alle analisi sono risultati sostanze di natura silicatica.



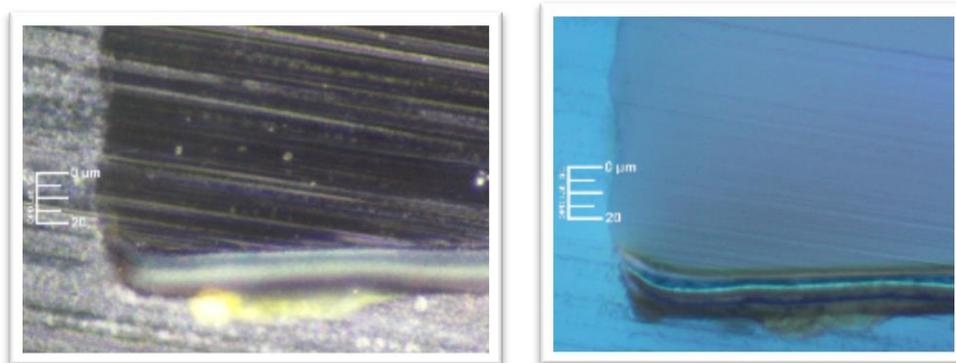
**Fig. 3** Spettri FTIR / ATR del negativo bianco e nero alluvionato, in zona priva di deposito e senza alterazioni visibili, dal lato del supporto. In rosso lo spettro del negativo, in rosa lo spettro di riferimento di un materiale proteico, in verde lo spettro di riferimento del CAT, in blu lo spettro di riferimento del plastificante (TPP).



**Fig. 4** Immagini al Microscopio Ottico in luce visibile e in luce Ultravioletta di una sezione stratigrafica di un negativo B/N. Si riportano anche le misure effettuate sulle diverse parti strutturali



**Fig. 5** Immagine al SEM e spettro EDX dello strato di emulsione in un negativo B/N. Si osservi l'intenso segnale dell'argento, elemento sensibile dell'emulsione.



**Fig. 6** Immagini al Microscopio Ottico in luce visibile e in luce UV di una sezione stratigrafica di un negativo colore. Si possono osservare gli strati di emulsione di diverso colore e la presenza sulla superficie di materiale di deposito.

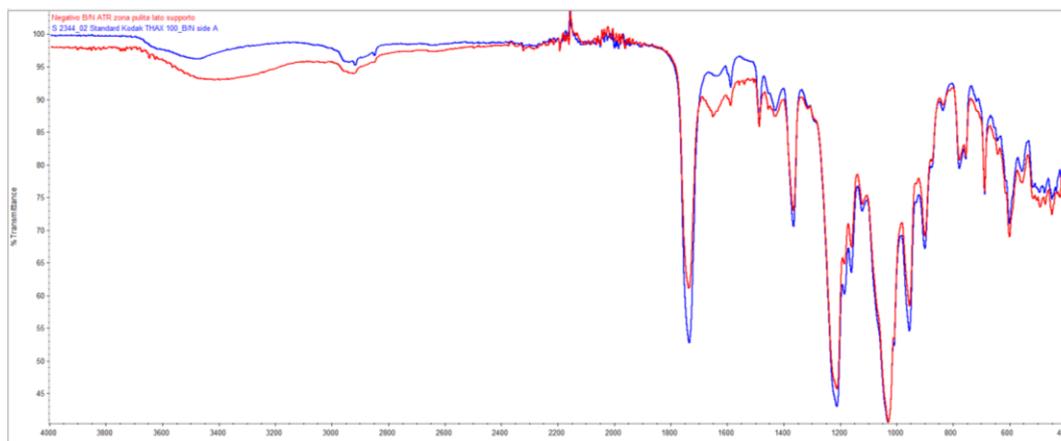
### 3 - Studio dei possibili attacchi biologici

Alcune delle pellicole fotografiche sia a colori che in B/N sono state sottoposte ad una attenta e meticolosa osservazione prima allo stereomicroscopio e successivamente al microscopio ottico alla ricerca di elementi riconducibili alla presenza soprattutto di agenti fungini. Impiegando tamponi sterili si è proceduto a campionare alcune superfici e successivamente ad allestire una serie di piastre di Petri contenenti terreni, quali PCA e Sabouraud Dextrose agar. Come è noto la collezione è stata sottoposta ad un trattamento con raggi gamma e pertanto le indagini eseguite presso il laboratorio di biologia hanno confermato, allo stato attuale, l'assenza di inquinanti biologici pericolosi.

### 4 - Studio delle alterazioni dovute all'evento alluvionale

L'osservazione macroscopica delle superfici dei negativi alluvionati mostra diverse fenomeni di alterazione, che vanno dalla perdita dell'emulsione colorata in alcune aree alla presenza di materiale di deposito di diverse tonalità di colore, dal marrone chiaro al bianco.

Alcune aree, soprattutto relative ai negativi B/N, appaiono macroscopicamente in buone condizioni. Risulta però necessario studiare eventuali alterazioni non evidenti ad una semplice osservazione. Sono stati quindi effettuati spettri FTIR delle aree sul negativo B/N a cui è stato asportato il deposito alluvionale ed essi sono stati confrontati con spettri ottenuti su una pellicola integra di analoghe caratteristiche (pellicola Kodak TMAX\_100) utilizzata come riferimento (Fig. 7). Non si osservano significative variazioni del profilo spettrale pertanto si può affermare che, per quanto riguarda il rapporto CAT/TPP, l'evento alluvionale non ha provocato alterazioni.

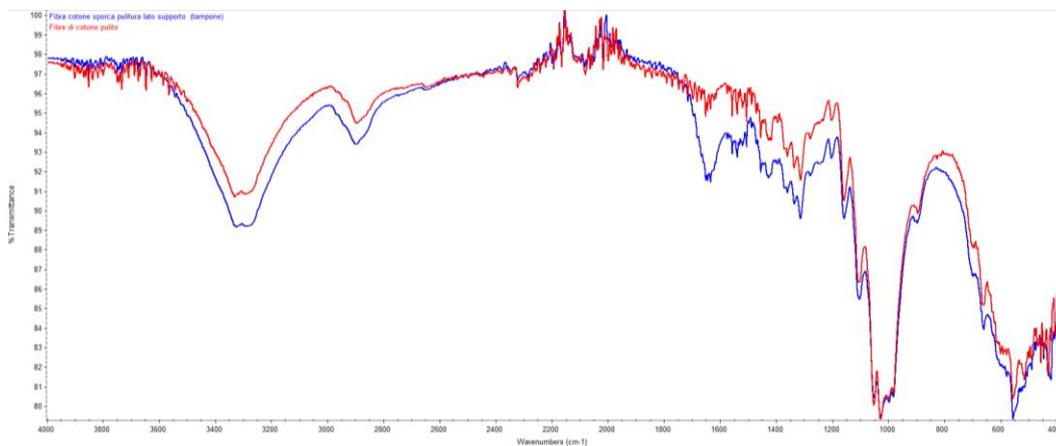


**Fig. 7** Spettri FTIR / ATR del negativo B / N registrato dal lato del supporto in zona in cui è stato asportato il deposito (spettro rosso), e di una pellicola non alluvionata presa come riferimento (spettro blu).

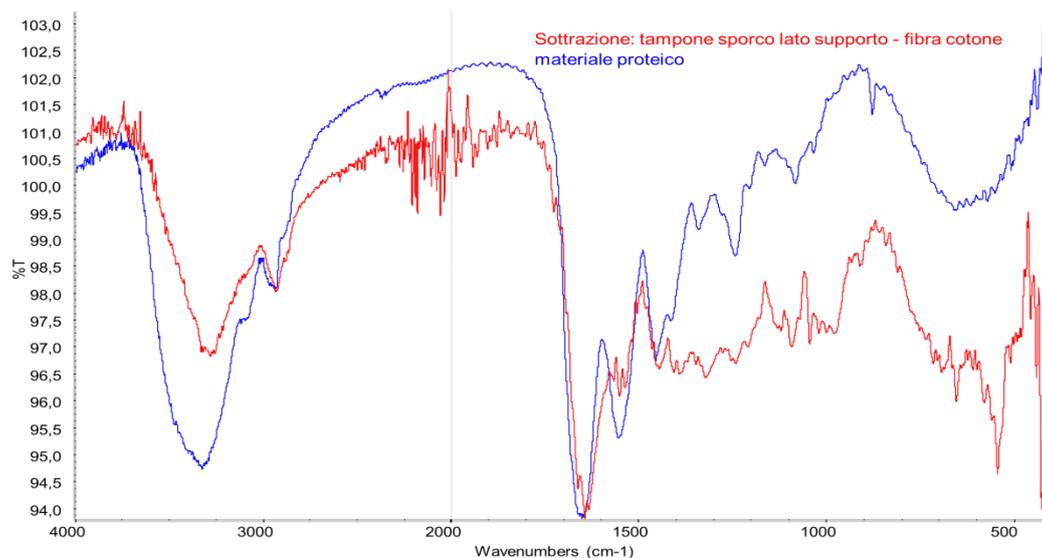
L'analisi FTIR ha permesso anche di identificare la natura del materiale di deposito: sia quello presente sul negativo colore, di tonalità biancastra, che quello sul negativo B/N, di tonalità tendente al marrone, sono risultati costituiti da materiale silicatico.

## 5 - Verifica dell'efficacia della pulitura

Per verificare l'efficacia dei metodi di pulitura e le eventuali alterazioni dei materiali costitutivi dovute a tali interventi, sono state effettuate diverse prove. Inizialmente sono stati analizzati i tamponcini di cotone utilizzati in modo da identificare il materiale asportato. Lo spettro FTIR sul tampone sporco confrontato con quello del tampone prima della pulitura di un negativo B/N, fa ipotizzare la presenza di un materiale proteico e di materiale silicatico (Fig. 8) sulle fibre di cotone, mentre eseguendo via software una sottrazione dello spettro del cotone da quello del tampone sporco (Fig. 9) si riesce ad individuare perfettamente la natura del materiale rimosso dalla pulitura, cioè in gran parte un materiale proteico collagenico più del materiale silicatico di natura argillosa. Tale materiale si può ipotizzare che abbia origine dall'asportazione dello strato cosiddetto anticurl, mentre il segnale del materiale silicatico è da mettere in relazione con la presenza di deposito alluvionale di colore marrone. Un'ulteriore verifica FTIR eseguita sul negativo prima e dopo la pulitura conferma l'asportazione dello strato anticurl (Fig. 10).



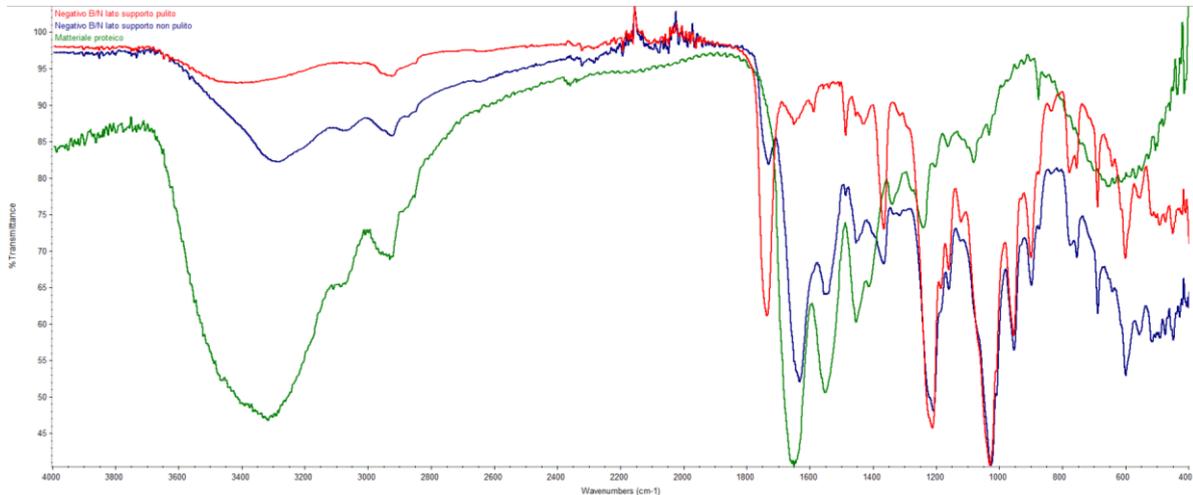
**Fig. 8** Spettri FTIR / ATR ottenuti sulle fibre di cotone di un tamponcino prima della pulitura (spettro rosso) e dopo pulitura (spettro blu). Si osserva una sostanziale analogia fra i due spettri ad eccezione della regione compresa fra 1400 e 1600 cm<sup>-1</sup>.



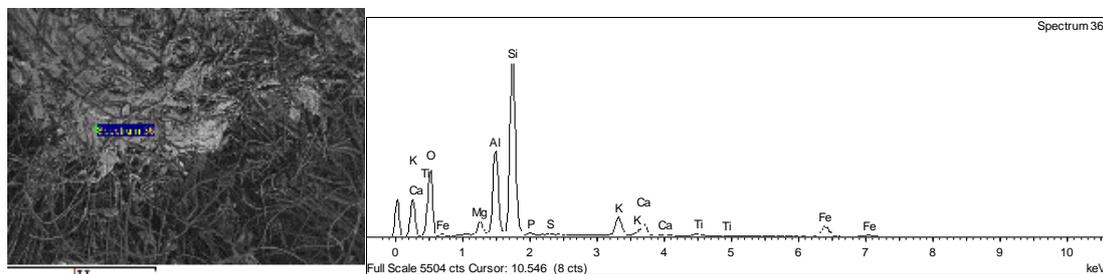
**Fig. 9** Confronto fra lo spettro FTIR ottenuto sottraendo i due spettri in Fig. 8 (tecnica che consente di evidenziare gli assorbimenti relativi al materiale presente sul tamponcino) e uno spettro di riferimento di materiale proteico (spettro blu).

Lo stesso tipo di analisi effettuata sui negativi colore non ha messo in evidenza la presenza di materiale proteico, il che è congruo con l'assenza dello strato anticurl, come rilevato precedentemente. È evidente anche in questo caso il segnale di materiale silicatico, che presenta però un colore biancastro e non può quindi essere

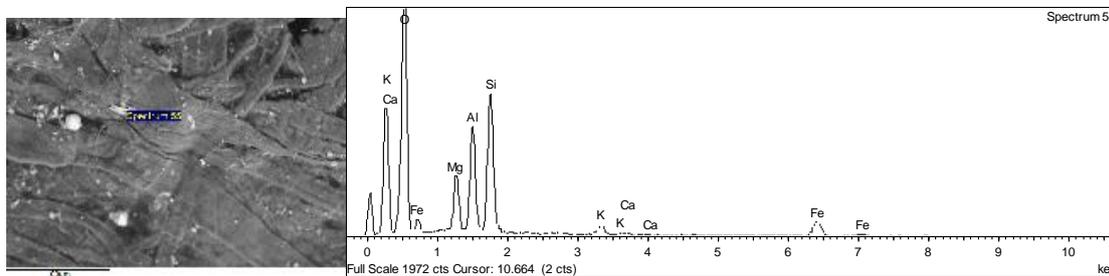
riferito esclusivamente al deposito alluvionale. L'analisi SEM / EDS effettuata sul tamponcino di cotone dopo pulitura conferma la natura silicatica del materiale (Fig. 11). Per comprendere l'origine di tali sostanze sono stati individuati i materiali con i quali i negativi colore sono stati in contatto dall'evento alluvionale fino all'intervento di restauro; particolare attenzione è stata riservata al pergamino. Un suo frammento è stato analizzato mediante SEM-EDS e su di esso è stato trovato materiale silicatico della stessa natura di quello rimosso (Fig. 12): esso è correlabile alla cosiddetta carica della carta, cioè l'inerte, che può anche essere talco o caolino, sostanze di colore bianco utilizzate nelle cartiere di produzione. Risulta quindi chiaro che il materiale di deposito sia parzialmente dovuto anche al trasferimento della carica presente nella carta durante l'immagazzinamento.



**Fig. 10** Spettri FTIR ottenuti su un negativo B/N prima della pulitura (spettro blu) e dopo la pulitura (spettro rosso) messi a confronto con lo spettro di riferimento di materiale proteico collagenico. Nel tracciato rosso si osserva la scomparsa degli assorbimenti caratteristici delle ammidi associabile alla rimozione dello strato anticur.

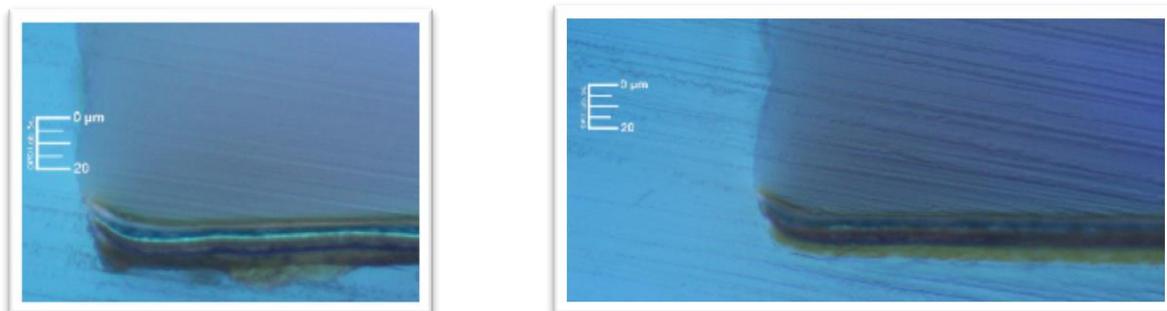


**Fig. 11** Immagine al SEM delle fibre di cotone prelevate da un tamponcino dopo pulitura. Si nota la presenza di una zona compatta di materiale; lo spettro a sinistra mostra i segnali caratteristici di materiale silicatico.



**Fig. 12** Immagine al SEM del pergamino utilizzato per l'immagazzinamento dei negativi dopo l'alluvione. fra le fibre di cellulosa si nota la presenza dei segnali caratteristici di un materiale silicatico.

L'asportazione del materiale presente sulla superficie è stata infine controllata inglobando in resina due frammenti di negativi B/N e colore dopo il trattamento di pulitura e confrontandoli con i frammenti non puliti: ciò ha permesso di mettere in evidenza la completa asportazione del materiale di deposito (Fig. 13).



**Fig. 13** Immagine al Microscopio ottico in luce UV che mette a confronto la sezione stratigrafica di un negativo colore prima (A) e dopo la pulitura (B). Si osserva la completa asportazione del materiale di deposito.

## 6 - Conclusioni

In conclusione possiamo affermare che le pellicole alluvionate sono affette da depositi superficiali costituiti da materiali silicatici, in parte proveniente dalla deposizione del fango alluvionale, in parte dalla carica appartenente alla carta in cui sono stati conservati. L'evento alluvionale, sebbene abbia evidentemente provocato alterazioni differenziate ai negativi, non sembra aver prodotto modifiche significative dei materiali costitutivi del supporto in CAT delle pellicole. La pulitura consente l'asportazione del materiale di deposito, seppur sacrificando lo strato di gelatina anticurl presente sulle pellicole B/N, senza comunque provocare alterazioni degli altri materiali costitutivi e senza alterare il dato-immagine.

## Bibliografia

- [1] A. Vila and S. A. Centeno *FTIR, Raman and XRF identification of the image materials in turn of the 20th century pigment-based photographs* *Microchemical Journal*, 106, 255-262 (2013).
- [2] B. Walsh *Identification of Cellulose Nitrate and Acetate Negatives by FTIR Spectroscopy* *Topics in Photographic Preservation*, 6, 89-97 (1995).
- [3] V.P. Oleshko, R.H. Gijbels and W.A. Jacob *Analytical electron microscopy of silver halide photographic systems* *Micron*, 31, 55-95 (2000).
- [4] R. L. Shanebrook, *Making Kodak Film Expanded second edition*, Robert L. Shanebrook, 2016.



# Potenzialità e problematiche dell'uso di tecniche di spettroscopia d'immagine per lo studio di pellicole fotografiche

M. Picollo, A. Casini, F. Cherubini, C. Cucci, F. Grazzi, L. Stefani

*Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"  
del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IFAC-CNR),  
via Madonna del piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI), Italy*

## 1 - Introduzione

Nel settore dei beni culturali le tecniche di imaging, tra cui la radiografia X, la luce radente, la fluorescenza indotta da radiazione ultravioletta, l'infrarosso fotografico, quello riflettografico e l'infrarosso falso colore, sono comunemente impiegate per lo studio di manufatti artistici per seguire sia le fasi di documentazione che di diagnostica delle opere in esame [1].

Negli ultimi anni, l'affermarsi di tecniche di spettroscopia d'immagine (multi- e iper-spetttrale) ha permesso di affiancare al concetto di 'tecnica diagnostica' quello di 'tecnica analitica' grazie all'acquisizione di dati spettroscopici, atti all'identificazione dei materiali presenti (pigmenti, coloranti, materiali di restauro, prodotti di alterazione, ecc.) sull'opera stessa [2,3]. La tecnica di imaging iperspettrale, nello specifico, si basa sull'acquisizione di centinaia di immagini (cubo-immagine o cubo-dati) in bande spettrali strette (<10 nm) e contigue (questa è la maggiore differenza tra tecniche di immagine iperspettrale rispetto a quelle multispettrale). Questo comporta che i dati ottenuti hanno una risoluzione spettrale comparabile a quella di strumenti da laboratorio. L'elaborazione del cubo-dati permette di ottenere informazioni composizionali, rendendo possibile mappare la distribuzione di composti e/o differenze composizionali/tessiture.

Mediante l'uso di specifici algoritmi di esaltazione delle differenze spettrali e di metodi di statistica multivariata, come l'algoritmo Spectral Angle Mapper (SAM) o l'analisi delle componenti principali (PCA), è possibile evidenziare le disomogeneità della superficie pittorica e la distribuzione dei diversi materiali grazie all'estrazione di mappe che sono sovrapponibili all'immagine visibile e, quindi, facilmente interpretabili [4-6].

Per oltre un decennio, numerosi studi e progetti di ricerca sono stati dedicati ad adeguare le strumentazioni per la spettroscopia d'immagine alle esigenze specifiche della conservazione e del restauro dei Beni Culturali, con applicazioni anche in contesto museale. In considerazione di ciò, questa tecnica ha oggi raggiunto la fase di maturità tecnologica ed è ormai utilizzabile per l'indagine di varie tipologie di oggetti planari (2D), quali dipinti su supporto mobile, murale, carta, pergamena, ecc., sia con strumentazioni realizzate da ditte specializzate sia, in rarissimi casi, con dispositivi sviluppati *ad hoc* in laboratori di ricerca.

Le misure acquisite in questo progetto sono state eseguite con uno scanner iperspettrale ad alta risoluzione spaziale e spettrale realizzato da IFAC-CNR che consente di operare in modo non invasivo su superfici di dimensioni e supporti variabili. In particolare, per lo studio di negativi e positivi fotografici 35 mm, è stato allestito un prototipo ottimizzato per questo tipo di materiali modificando l'ottica e il sistema di illuminazione in origine progettati per operare su superfici pittoriche, con conseguente riadattamento delle procedure di acquisizione dei dati.

## 2 - Strumentazione

Lo scanner iperspettrale per le misure in trasmissione su materiale fotografico è costituito da uno spettrografo lineare collegato a una telecamera, da una parte meccanica che consente il movimento degli spezzoni di pellicola fotografica, da un proiettore che illumina uniformemente uno schermo diffondente posizionato quasi a contatto del campione da misurare. Lo strumento così composto è collegato a un computer che ne consente la gestione e provvede all'acquisizione dei dati e alla loro visualizzazione.

La strumentazione utilizzata per questo progetto copre quasi tutta la regione spettrale del visibile e una parte del vicino infrarosso (VNIR, 400-900 nm [7]).

La scansione è ottenuta tramite la movimentazione dell'oggetto da misurare di fronte alla testa di misura, e l'acquisizione avviene per strisciate orizzontali (Fig. 1). In questo schema di scansione spettrale, definito push-broom, il segmento linea incide ortogonalmente lungo la direzione di scansione. Prima di ogni scansione orizzontale viene effettuata una calibrazione sull'illuminante stesso. L'illuminazione è fornita da una lampada alogena al tungsteno-quarzo (QTH) di 150 Watt con temperatura di colore pari a circa 3200 K.

La scansione ha un passo di campionamento spaziale di circa 37 micron (~ 27 campionamenti per millimetro, equivalenti a quasi 700 ppi). Le immagini prodotte hanno una risoluzione spaziale di 5 linee per mm,

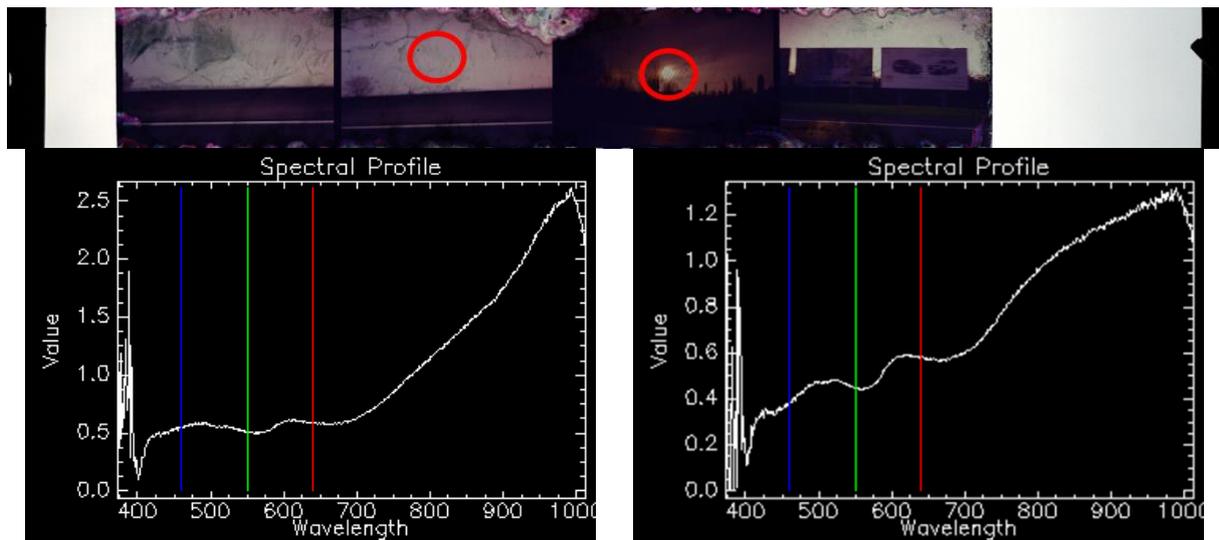
calcolata a metà del massimo contrasto mediante un apposito target di calibrazione. La risoluzione spettrale risulta di  $\sim 2.8$  nm, con un campionamento spettrale a passi di  $\sim 1.2$  nm che produce un totale di 400 bande nell'intervallo operativo da 400 a 900 nm.



**Fig. 1** – Panoramica della strumentazione di spettroscopia d'immagine messa a punto per le misure su negativi e positivi 35 mm bianco e nero e colori.

### 3 - Risultati

Per ottimizzare la metodologia e delineare le sue possibili applicazioni in questo specifico campo, sono stati selezionati insieme alla restauratrice incaricata dell'intervento conservativo sul fondo Dainelli (vedi intervento dott.ssa Fraticelli nel presente volume) una serie di negativi colore in differenti stati di conservazione e sottoposti a diversi procedimenti di restauro.



**Fig. 2** – Riproduzione sRGB di una striscia di positivo a colori acquisita con lo scanner iperspettrale. In rosso sono evidenziate le aree da cui sono stati estratti gli spettri di trasmittanza riportati di sotto. Lo spettro di sinistra corrisponde al cielo nel secondo fotogramma mentre lo spettro di destra corrisponde al disco solare nel terzo fotogramma.

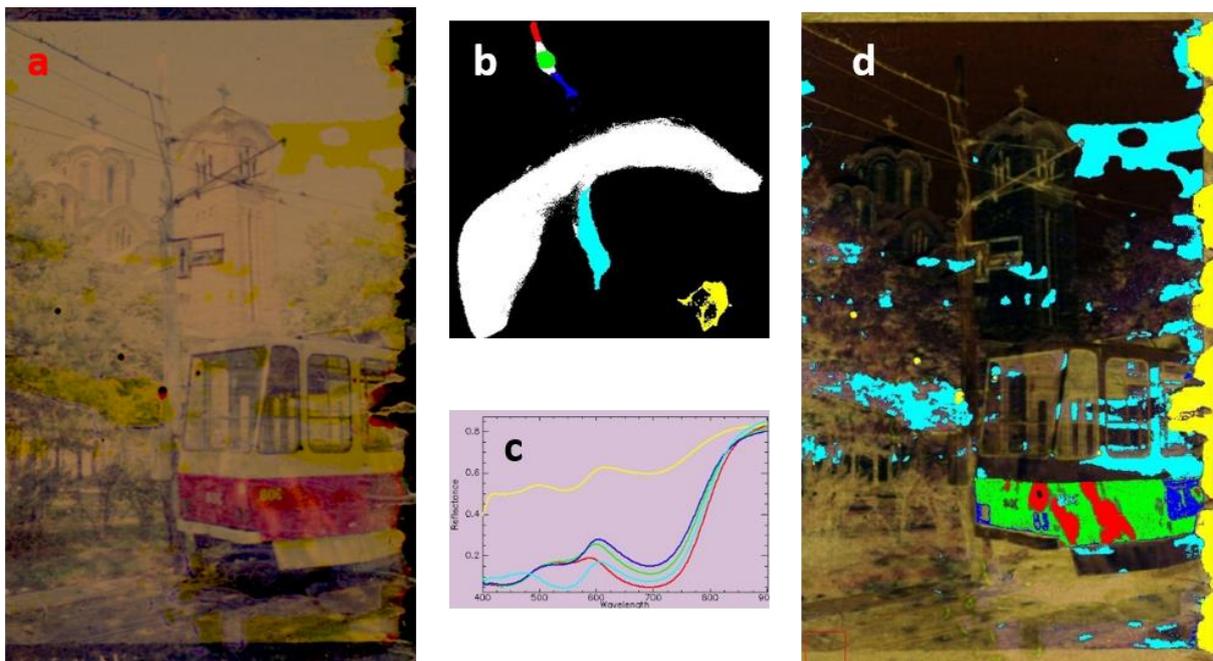
Da un punto di vista di materiali impiegati per quanto riguarda la parte del colore, la pellicola si presenta come un sistema relativamente semplice strutturato su tre strati. Infatti, in generale è possibile partire dall'assunto che ciascun strato contenga uno specifico colorante e, quindi, nonostante il complesso ed esteso gamut di colore offerto dai negativi e positivi colore, le forme degli spettri di trasmittanza risultano abbastanza simili su tutti i pixel. Questa asserzione è illustrata in Fig. 2 da un paio di spettri di trasmittanza estratti in aree con cromie differenti, che mostrano tuttavia andamenti spettrali complessivi piuttosto simili.

Nonostante la similitudine negli andamenti spettrali dei pixel associati ai dati iperspettrali del fotogramma, è possibile utilizzare questi dati iperspettrali per ottenere informazioni indirette sullo stato di conservazione e quindi supportare con dati oggettivi la fase di digitalizzazione del materiale fotografico e quella successiva di restauro digitale.

In Fig. 3a è riportata l'immagine sRGB ricostruita partendo dal dato iperspettrale di un negativo colore che era rimasto attaccato alla busta in glassine a seguito dell'alluvione e staccato durante l'intervento di restauro.

Per lo studio spettroscopico di questi fotogrammi si è deciso di ricorrere anche a metodi di analisi multivariata e statistici, ottimali per il trattamento di grosse moli di dati (come è il caso di acquisizioni iperspettrali su set di molti campioni). Questo ha consentito di ottenere una separazione in classi omogenee di aree, o meglio pixel, aventi andamenti spettrali simili tra loro. Questa fase della ricerca è stata finalizzata alla prova di una serie di algoritmi e procedure per definire queste classi.

In particolare, tra i vari algoritmi messi a punto e testati in questi ultimi anni, è stato deciso di utilizzare un nuovo approccio statistico per la separazione dei pixel secondo il modello matematico definito UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction)[8]. La procedura UMAP consente di visualizzare gli elementi (pixel) che costituiscono l'area di interesse (ROI) raggruppati per vicinanza del loro andamento spettrale. Per quanto il programma usato fornisca al momento risultati proiettati solo su un piano (2D), le aggregazioni dei dati in classi di vicinanza spettrale sono risultate più chiaramente individuabili di quelle ottenute con altri metodi statistici – multivariati. In questa mappa le aree più chiare corrispondono a zone maggiormente rappresentate, su cui ricadono cioè molti pixel. Questo significa che i pixel presenti hanno tutti un andamento spettrale molto simile.



**Fig. 3** – immagine sRGB del fotogramma esaminato; b) immagine UMAP con selezionati i cinque sottoinsiemi di pixel abbastanza distinti (evidenziati in rosso, verde, blu, ciano e giallo); c) spettri estratti dal cubo di dati rappresentativo delle cinque classi UMAP riportate in b); d) Spostamento delle cinque classi UMAP sull'immagine visibile ricostruita HSI

Nell'esempio riportato in Fig. 3, la mappa di distribuzione presenta un corpo centrale piuttosto compatto che non suggerisce separazioni in ulteriori classi, mentre una penisola e due aree distaccate sono distinguibili alla sua periferia (Fig. 3b). Per riconoscere i pixel sull'immagine sRGB raggruppati per somiglianza spettrale in queste aree, è stato assegnato un colore arbitrario a queste zone (o classi). Nella Fig. 3b, cinque sottoinsiemi di pixel abbastanza distinti sono evidenziati in rosso, verde, blu, ciano e giallo. Gli spettri di trasmittanza media, rappresentativi delle classi definite in Fig. 3b, sono mostrati in Fig. 3c. Osservando questi spettri, le classi rappresentate con i colori rosso, verde e blu hanno tendenze spettrali simili, che sono principalmente legate al colore magenta presente in una parte del corpo del tram (Fig. 3d). Le differenze spettrali in queste tre classi sono correlate alla presenza di una porzione del tram con un tono più scuro del colore del corpo (curva blu) e delle aree che sono parzialmente oscurate dagli alberi (curva verde) e la parte rimanente sotto i raggi del sole (curva rossa). L'area rossa nella Fig. 3d potrebbe anche rappresentare una porzione del telaio danneggiata dall'acqua. Le altre due classi, ciano e giallo, mappano la distribuzione di parte del telaio che sono rispettivamente leggermente e gravemente danneggiate. La classe gialla, in particolare, raggruppava i pixel con spettri che mostrano deboli caratteristiche spettrali provenienti dalle emulsioni cromatiche a causa del loro intenso lavaggio durante e dopo il diluvio.

Per quanto ancora a livello esplorativo, questa sperimentazione ha fornito indicazioni sul potenziale utilizzo della tecnica iperspettrale a supporto della digitalizzazione e del ripristino digitale dei fotogrammi. In particolare è emerso che il dato iperspettrale, fornendo informazioni spettroscopiche sulla distribuzione dei coloranti e sulle loro caratteristiche, può aiutare a capire se e in che misura i coloranti delle emulsioni hanno mantenuto le

loro caratteristiche originali o hanno subito alterazioni dovute al loro naturale invecchiamento o ad eventi particolari. In particolare, partendo dai dati iperspettrali e applicando opportuni algoritmi di analisi, è possibile estrapolare le curve di assorbimento dei singoli coloranti dalle loro miscele [9]. Con questa procedura, è possibile ottenere le curve di assorbimento dei tre coloranti per ciascun fotogramma, o gruppi di fotogrammi, per confrontarli con i dati forniti al momento dell'acquisto dal produttore. In linea di principio i dati così ottenuti possono essere utilizzati per guidare la digitalizzazione dei fotogrammi e il loro successivo ripristino digitale. L'aspetto più significativo dell'applicazione iperspettrale alla classe dei materiali fotografici può essere sintetizzata nel fatto che la tecnologia iperspettrale può svolgere un ruolo di primo piano nella conservazione a lungo termine, nella documentazione e nella catalogazione del materiale collezionato negli archivi e nei fondi fotografici [10].

#### 4 - Considerazioni finali e sviluppi futuri

A conoscenza degli autori, la tecnica di spettroscopia d'immagine è stata applicata allo studio di negativi fotografici per la prima volta in questo progetto. La messa a punto di un sistema ottimizzato per l'indagine su materiale fotografico ha aperto una nuova prospettiva applicativa. In aggiunta, è stato necessario ripensare la parte di elaborazione dei dati in funzione del tipo di materiale analizzato.

A questo punto, si ritiene che la metodologia sia matura per un impiego nel settore specifico, grazie alla capacità di fornire dati e informazioni utili alla definizione delle caratteristiche spettrali dei coloranti delle emulsioni anche in presenza di un avanzato degrado del materiale. In particolare si delinea come una promettente metodologia da utilizzare a supporto di interventi conservativi e di restauro. Con i dati acquisiti è possibile ottenere una mappa della distribuzione dei vari livelli di 'impressione' della miscela dei coloranti e di eventuali disomogeneità, difetti e lacune sul fotogramma.

Infine, per la parte di attività ancora da approfondire, si ritiene che sia possibile utilizzare questa tecnica come valido supporto alla definizione delle migliori procedure di digitalizzazione dei fotogrammi e del loro restauro digitali, come dimostrato dallo studio preliminare condotto con i colleghi dell'Università di Zurigo.

#### Bibliografia

- [1] J. Warda, F. Frey, D. Heller, T. Vitale, and G. Weaver, *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*. Edited by Jeffrey Warda. Second ed., American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Washington, DC, 2011.
- [2] C. Fischer, and I. Kakoulli, *Multispectral and Hyperspectral Imaging Technologies in Conservation: Current Research and Potential Applications*, *Reviews in Conservation* **7**, 3–16 (2007).
- [3] C. Cucci, J. K. Delaney, and M. Picollo, *Reflectance Hyperspectral Imaging for Investigation of Works of Art: Old Master Paintings and Illuminated Manuscripts*, *Acc. Chem. Res.* **49**, 2070–2079 (2016).
- [4] F. A. Kruse, A. B. Lefkoff, J. B. Boardman, K. B. Heidebrecht, A. T. Shapiro, P. J. Barloon, and A. F. H. Goetz, *The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer Data*, *Remote Sensing of Environment*, **44**, 145-163 (1993).
- [5] K. V. Mardia, J. T. Kent, and J. M. Bibby, *Multivariate Analysis*, Academic Press, London-New York-Toronto-Sydney-San Francisco, 1979.
- [6] H. Martens, and T. Naes, *Multivariate Calibration*, Wiley and Sons, New York, 1989.
- [7] A. Casini, M. Bacci, C. Cucci, F. Lotti, S. Porcinai, M. Picollo, B. Radicati, M. Poggesi, and L. Stefani, *Fiber optic reflectance spectroscopy and hyper-spectral image spectroscopy: two integrated techniques for the study of the Madonna dei Fusi*, in "Optical Methods for Arts and Archaeology" –Aug. 2005 Proc. SPIE Vol. 5857, p. 177-184 R. Salimbeni, L. Pezzati Eds.
- [8] L. McInnes, J. Healy, and J. Melville, *UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection for Dimension Reduction*, arXiv:1802.03426v2 [stat.ML] 6 Dec 2018.
- [9] R. Gschwind, E. Zbinden, G. Trumpy, and J. Delaney, *Color negatives at the demise of silver halides*, in *Photographic Materials*, ICOM-CC, 18th Triennial Conference, 2017 Copenhagen.
- [10] G. Trumpy, and B. Flueckiger, *Light source criteria for digitizing color films*, 2015 Colour and Visual Computing Symposium (CVCS). 978-1-4799-1765-5/15/\$31.00 ©2015 IEEE.

# Il contributo di indagini spettroscopiche e tecnologie digitali per il recupero di immagini fotografiche su pellicola

Giorgio Trumpy

Università di Zurigo

Nel contesto del recupero dell'archivio fotografico di Daniele Dainelli, coinvolto nell'alluvione di Livorno del 9 Settembre 2017, è nata la collaborazione fra l'Istituto di Fisica Applicata "N. Carrara" (IFAC-CNR) e l'Università di Zurigo (UZH). L'intento di tale collaborazione è stato quello di sviluppare una metodologia d'intervento basata su indagini spettroscopiche e tecniche di *image processing* volte al restauro digitale di fotogrammi negativi alluvionati. Al fine di estrarre al meglio l'informazione di colore residua nell'emulsione fotografica, è stata condotta un'analisi spettroscopica sul film volta a identificare le migliori bande spettrali per la digitalizzazione dei fotogrammi. Questa procedura di acquisizione favorisce un più efficace risultato nel successivo stadio di restauro digitale.

## 1- Il restauro digitale di un negativo fotografico

Vale la pena innanzitutto sottolineare il fatto evidente che un negativo fotografico rappresenta uno stadio incompiuto di una fotografia; esso è soltanto una *matrice* per mezzo della quale possono essere prodotte le stampe finali. La creazione di copie è dunque insita nel processo fotografico su negativo. Questo rende il restauro digitale di un negativo fotografico una concreta opportunità di recupero dell'opera artistica e/o documentale, mentre non è possibile dire lo stesso del restauro digitale di un'opera unica, indissolubilmente associata alla sua essenza materica.

## 2- La struttura di una pellicola negativa

Gli strati principali costituenti un film fotografico sono il supporto di plastica trasparente, avente uno spessore di circa 100 micron, e l'emulsione fotografica sulla quale l'immagine è impressa, avente uno spessore circa dieci volte minore rispetto al supporto plastico. Nel negativo a colori l'emulsione è a sua volta suddivisa in uno strato principalmente sensibile alle lunghezze d'onda corte (luce blu), uno alle lunghezze d'onda medie (luce verde), e uno alle lunghezze d'onda lunghe (luce rossa). Dopo che il negativo è stato esposto alla luce, il processo di sviluppo cromogeno crea nei suddetti strati rispettivamente i coloranti giallo, magenta e ciano. Il tipico colore arancione dei negativi è dovuto alla maschera di correzione, brillante stratagemma basato su copulanti cromogeni colorati, ideato negli anni 50 per migliorare la riproduzione dei colori e da allora mai abbandonato [1].

## 3- Il degrado del fotogramma

Le attività sperimentali si sono concentrate su un fotogramma dell'archivio Dainelli facente parte di un suo reportage negli Stati Uniti del 2002. Per scattare le sue fotografie Dainelli usava frequentemente la pellicola negativa 35 mm *Kodak Supra 400*, ed è probabile che anche il fotogramma analizzato provenga da questo tipo di rullino. L'evento alluvionale ha reso difficilmente leggibili le informazioni al bordo della pellicola, pertanto l'identificazione del fotogramma non era certa.

Al momento dell'evento alluvionale i negativi erano conservati in pergamini di carta *glassine*, i quali si sono trovati per giorni immersi in acqua e fango. Gli interventi di restauro sul materiale fotografico alluvionato hanno richiesto il distacco della carta *glassine* dall'emulsione fotografica, attuata con vari metodi ampiamente descritti in [2]. Questa delicata e attenta operazione ha potuto limitare al minimo i danni, ma non ha potuto ripristinare interamente l'immagine fotografica laddove il colorante giallo contenuto nello strato di emulsione più esterno è migrato nelle fibre della carta.

## 4- Imaging iperspettrale ed estrazione delle assorbanze dei coloranti

Il campione selezionato è stato scannerizzato con il dispositivo di imaging iperspettrale sviluppato presso l'IFAC-CNR. Lo strumento, generalmente usato in riflettanza [3], è stato modificato e utilizzato in trasmissione al fine di acquisire immagini del fotogramma corrispondenti a 400 bande spettrali tra 400 e 900 nm (una immagine ogni 1.26 nm circa), con una risoluzione spaziale di circa 27 pixel per millimetro (come riportato nel contributo di IFAC-CNR nel presente volume).

Sul *cubo iperspettrale* è stata condotta un'analisi delle componenti principali al fine di estrarre le singole assorbanze dei tre coloranti presenti nell'emulsione del negativo analizzato [4]. Le assorbanze ottenute sono riportate in Fig. 1.

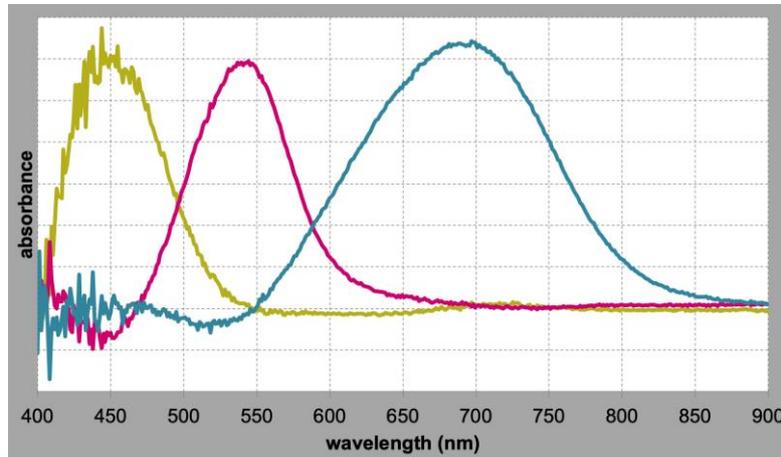


Fig. 1 – Assorbanze ottenute tramite PCA su immagine iperspettrale del fotogramma negativo

## 5- RGB imaging con sensore CCD monocromatico

La risoluzione spaziale dello scanner iperspettrale, benché sufficiente per estrarre le assorbanze dei coloranti, non era sufficiente a riprodurre i dettagli dell'immagine impressa sul film. Pertanto era necessario acquisire immagini a più alta risoluzione. Le immagini in alta risoluzione sono state acquisite con il dispositivo di imaging multispettrale sviluppato presso l'UZH. Lo strumento è composto da una sorgente basata sul plasma ad accoppiamento induttivo che emette in tutto lo spettro visibile, un filtro di interferenza variabile lineare che consente di posizionare liberamente una banda spettrale con larghezza minore di 20 nm FWHM nell'intervallo tra i 400 e 720 nm, un obiettivo macro 65 mm, e un CCD monocromatico *full-frame* da 16 Megapixel. Con questo dispositivo possono essere acquisite in successione tre immagini in scala di grigi, illuminando il film con luce blu, verde e rossa. Assegnando le immagini ai corrispondenti canali, si ottiene un'immagine a colori nello spazio RGB.

Al fine di estrarre al meglio l'informazione di colore contenuta nel fotogramma, sono state scelte tre bande spettrali posizionate in corrispondenza dei picchi di assorbanza dei coloranti giallo, magenta e ciano (Fig. 1), rispettivamente a 448, 540 e 690 nm. L'acquisizione del colore con queste bande spettrali minimizza la "contaminazione" fra le assorbanze, ottenendo immagini corrispondenti a coloranti più puri [5]. In altre parole, l'immagine catturata con luce blu (448 nm) corrisponde principalmente al colorante giallo, quella catturata con luce verde (540 nm) corrisponde principalmente al colorante magenta, e quella catturata con luce rossa (690 nm) corrisponde principalmente al colorante ciano.

Le immagini ottenute sono riportate in Fig. 2.

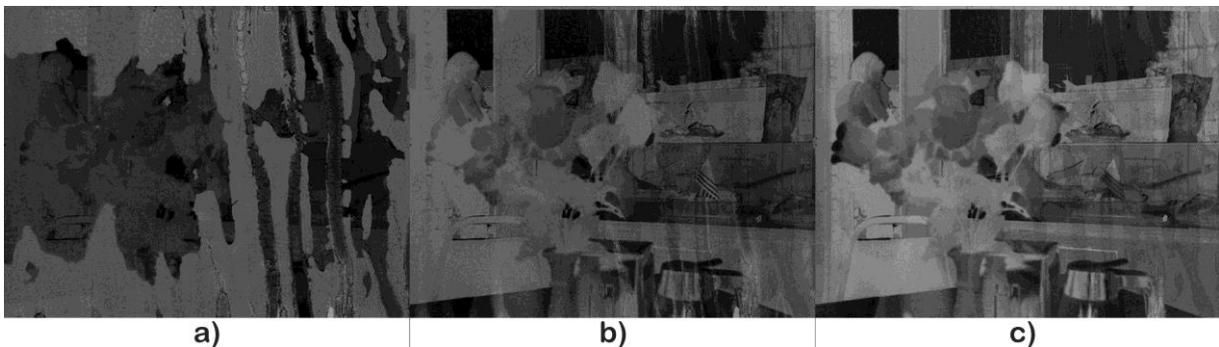


Fig. 2 – Tre immagini monocromatiche del fotogramma negativo ottenute con bande spettrali nella regione spettrale blu (a), verde (b), e rosso (c)

## 6- Restauro digitale

Il degrado dovuto alla rimozione di parte del colorante giallo (cfr. sezione 3) è chiaramente visibile nell'immagine a) di Fig. 2. Nell'immagine acquisita con luce blu, le parti più scure corrispondono alle zone dove la carta glassine non si trovava in contatto con l'emulsione e il colorante giallo non è stato rimosso. In ampie zone dell'immagine il colorante è invece rimasto sulla carta.

Per limitare l'impatto visivo della rimozione locale del colorante giallo è stata sviluppata una speciale tecnica di image processing. È stato individuato un valore di soglia (*threshold*) che segmenta in due zone l'immagine catturata con luce blu: quelle con valori superiori alla soglia corrispondenti alle zone prive di colorante giallo, e quelle con valori inferiori alla soglia corrispondenti alle zone dove il colorante giallo si era preservato. I valori dei pixel corrispondenti al primo gruppo sono stati ridotti con un fattore moltiplicativo minore dell'unità, fornendo un bilanciamento delle due zone dell'immagine e riducendo così l'impatto visivo del degrado.

Gli strati di emulsione più interni si sono meglio conservati; di conseguenza nelle immagini corrispondenti alle altre due bande spettrali il degrado è meno marcato.

## 7- Creazione della stampa in digitale

Le tre immagini digitali del negativo (una di esse restaurata con il procedimento descritto nella sezione 6) sono state elaborate per fornire l'immagine a colori positiva, nel tentativo di riprodurre in digitale il processo tradizionale di stampa con ingranditore e sviluppo di carta fotografica. Nel processo di stampa analogica i valori di luminanza del negativo sono convertiti nelle luminanze della stampa in maniera altamente non-lineare. Non è pertanto consigliabile correggere il colore partendo dall'immagine semplicemente invertita (ottenibile in Photoshop con il comando *ctrl+I*); è bensì preferibile applicare la seguente formula [6]:

$$J_P = \left[ \frac{K}{J_N \gamma_1} \right]^{\gamma_2}$$

Dove  $J_P$  e  $J_N$  rappresentano i valori dei pixel rispettivamente dell'immagine positiva e di quella negativa, mentre  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  e  $K$  sono parametri che variano a seconda del negativo. Dal momento che non esistono valori corretti in assoluto, e che non esiste una immagine di riferimento, per ognuna delle tre immagini i parametri sono stati regolati in modo da fornire un'immagine finale RGB con un corretto punto del bianco e del nero, e un convincente bilanciamento dei colori. Il risultato finale è riportato in Fig. 3.



Fig. 3- Risultato finale del restauro digitale

## Ringraziamenti

Questo lavoro è stato possibile grazie al contributo dell'ERC Advanced Grant *Filmcolors* diretto dalla Prof.ssa Barbara Flueckiger dell'Università di Zurigo.

## Bibliografia

- [1] W.T. Hanson JR, J. Opt. Soc. Am. 40, 166 (1950)
- [2] vedi intervento di Giulia Fraticelli "Interventi di restauro post emergenziale su materiale fotografico alluvionato: il caso studio Dainelli" nel presente volume.
- [3] C. Cucci, J. K. Delaney, and M. Picollo, Reflectance Hyperspectral Imaging for Investigation of Works of Art: Old Master Paintings and Illuminated Manuscripts, Acc. Chem. Res. 49, 2070–2079 (2016).
- [4] R. Gschwind, E. Zbinden, G. Trumpy, J. K. Delaney, "Color negatives at the demise of silver halides", ICOM-CC - 18th Triennial Conference (2017)
- [5] G. Trumpy and B. Flueckiger, "Dye purification: an image-processing technique for the digital restoration of chromogenic film", Colour and Visual Computing Symposium (2018)
- [6] D. Dunthorn, "Negative to Positive", [www.c-f-systems.com](http://www.c-f-systems.com) (2004)